

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年1 月24 日 (24.01.2002)

PCT

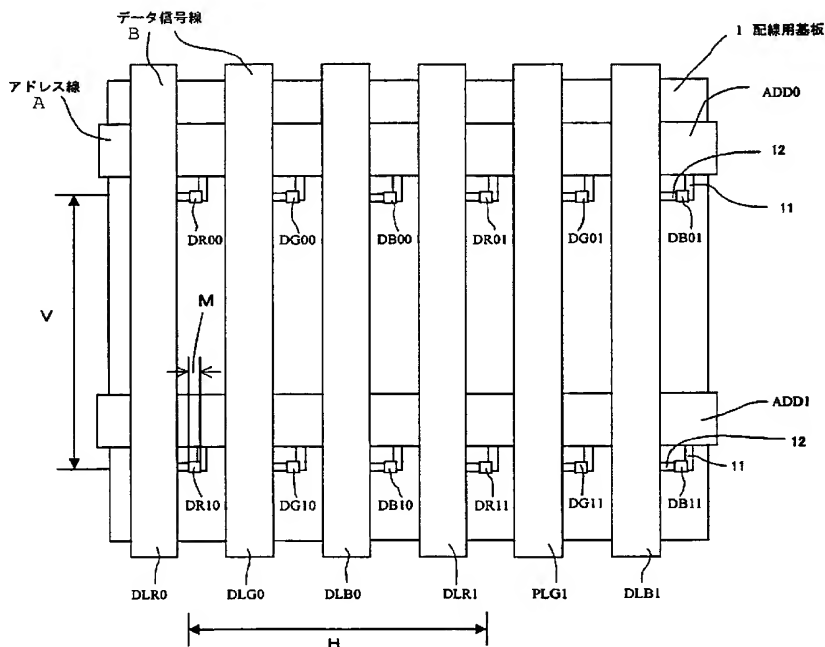
(10) 国際公開番号  
WO 02/07132 A1

- (51) 国際特許分類: G09F 9/33, 9/00, 9/30, G02F 1/1362, H01L 27/04, 27/12, 27/15, 29/78, 33/00
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/06213
- (72) 発明者; および
- (22) 国際出願日: 2001 年7 月18 日 (18.07.2001)
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩淵寿章 (IWA-FUCHI, Toshiaki) [JP/JP]. 大畑豊治 (OOHATA, Toyoharu) [JP/JP]. 土居正人 (DOI, Masato) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (74) 代理人: 杉浦正知 (SUGIURA, Masatomo); 〒171-0022 東京都豊島区南池袋2丁目49番7号 池袋パークビル7 階 Tokyo (JP).
- (30) 優先権データ:
- |                |                             |    |
|----------------|-----------------------------|----|
| 特願2000-217953  | 2000 年7 月18 日 (18.07.2000)  | JP |
| 特願2000-217988  | 2000 年7 月18 日 (18.07.2000)  | JP |
| 特願 2000-396225 |                             |    |
|                | 2000 年12 月26 日 (26.12.2000) | JP |
| 特願2001-200113  | 2001 年6 月29 日 (29.06.2001)  | JP |
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: IMAGE DISPLAY UNIT AND PRODUCTION METHOD FOR IMAGE DISPLAY UNIT

(54) 発明の名称: 画像表示装置および画像表示装置の製造方法



A...ADDRESS LINE  
B...DATA SIGNAL LINE  
1...WIRING BOARD

(57) Abstract: An image display unit and a production method therefor, excellent in such features as resolution, image quality and luminous efficiency, and easy to upsize screens and reduce production costs, the image display unit displaying an image in which a plurality of light emitting elements are arranged to correspond to a specified image signal. Each light emitting element taking up an area of at least  $25 \mu\text{m}^2$  and up to  $10000 \mu\text{m}^2$  is mounted on a wiring board. The mounting involves an expanded transfer comprising the two steps - first transfer step of transferring elements into a more separated form than when they are arranged on a first board to be retained in a temporary retaining member, and second transfer step of transferring elements retained in the temporary retaining member onto a second board in a further separated form. Light emitting elements are mounted on a wiring board so that a crystal growth layer formed by the crystal growth of light emitting elements is inverted from when they are crystal-grown in a normal direction to the board principle plane.

[続葉有]

WO 02/07132 A1



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

解像度や画質、発光効率などの諸特性に優れ、且つ大画面化が容易で、製造コストの低減も実現できる画像表示装置とその製造方法を提供する。複数の発光素子が配列され所要の画像信号に対応して画像を表示する画像表示装置である。発光素子是一个の素子の占有面積が  $25 \mu\text{m}^2$  以上  $10000 \mu\text{m}^2$  以下とされて配線用基板に実装される。実装に際しては、例えば第一基板上で素子が配列された状態よりは離間した状態となるように素子を転写して一時保持用部材に保持させる第一転写工程と、一時保持用部材に保持された素子をさらに離間して第二基板上に転写する第二転写工程との2段階の拡大転写を行う。また、発光素子の結晶成長によって形成される結晶成長層が基板主面の法線方向において結晶成長時とは倒置するように配線用基板に実装する。

## 明 細 書

## 画像表示装置および画像表示装置の製造方法

## 技術分野

- 5      この発明は、発光素子がマトリクス状に配列され、画像信号に応じた画像表示を行う画像表示装置、その画像表示装置の製造方法、その画像表示装置に使用して好適な発光素子の製造方法に関する。また、半導体発光素子や液晶制御素子などの素子を基板上などに並べる配列方法および画像表示装置の製造方法に関し、特に転写工程によって微細加工された素子をより広い領域に転写する素子の配列方法および画像表示装置の製造方法に関する。さらには、発光素子の実装方向を工夫した画像表示装置、素子を配列させた素子実装基板、画像表示装置の製造方法に関する。
- 10

## 15    背景技術

- 軽量で薄型の画像表示装置として、種々の表示装置が開発されている。このような画像表示装置の主なカテゴリーとしては、例えば発光ダイオード（L E D）を用いた装置、液晶ディスプレイを用いた装置、プラズマディスプレイを用いた装置などがある。これら画像表示装置は、コンピュータ技術の進展とともに、その適用範囲が広がりつつあり、例えば
- 20    対角サイズで30センチから150センチ程度の大きさの装置は、テレビジョン受像機、ビデオ再生装置、ゲーム機器の出力装置などに用いられ、また、それより小さいサイズのものでは、例えば自動車搭載型案内装置や録画装置のモニター画面などに用いられている。
- 25    ところが、それらの画像表示装置のいずれもが解像度、輝度、光出力対電力効率、画質などの特性の点や、大画面化、コスト面などで問題を

抱えている。例えば、発光ダイオードをマトリクス状に配列した発光ダイオードアレイを用いる装置では、個々の発光ダイオードを集合的に用いてアレイを構成する。ところが、個々の発光ダイオードはそれぞれパッケージに収納されていて数ミリ程度のサイズがあり、その結果、一画  
5 素の大きさも大きくなって解像度が低下してしまう。同時に、発光ダイオードアレイを用いる画像表示装置では、画素当たりのコストが高くなり、特に大画面の装置を構成した場合には、その製品価格が高いものになってしまう。

液晶ディスプレイを用いた画像表示装置では、表示装置を構成するガラスなどの基板を真空にした膜形成装置などに入れ、フォトリソグラフィ技術を用いてトランジスタなどの素子の形成や配線の形成を行って  
10 おり、特に液晶装置の解像度を高くしようとした場合には、 $\mu\text{m}$ オーダーのプロセス制御が必要となる。したがって、製品の歩留りを向上させるには厳格なプロセス管理が必要となり、大画面の液晶表示装置を作成  
15 しようとする場合では、コストが高くなってしまう。また、液晶表示は見る角度によってコントラストや色合いが変化する視野角依存性があり、色を変化させる場合の反応速度が遅いといった問題も抱えている。

また、プラズマディスプレイを用いた装置では、画素単位の狭い空間で放電を生じさせ、発生する電離ガスからの紫外光によって蛍光体を励  
20 起して可視光を発生させるというメカニズムを利用している。プラズマディスプレイを用いた装置では、このため発光効率そのものが高くはなく、消費電力が多くなってしまう。また、蛍光体による外からの光が反射して、コントラストが低下するという問題点も発生し、色再現範囲が狭いと言った問題も生ずる。

したがって、上記画像表示装置は、そのいずれもが大型画面化が容易  
25 ではなくかつ製造コストが高くなり、それぞれ解像度やプロセス、画質、



発光効率などの問題を抱えたものとなっている。

そこで、この発明の上述の技術的な課題に鑑み、解像度や画質、発光効率などの諸特性に優れ、かつ大画面化が容易で、製造コストの低減も実現できる画像表示装置の提供を目的とする。また、この発明の他の目的は、そのような高性能の画像表示装置を製造するための製造方法の提供を目的とする。さらに、この発明の更に他の目的は、画像表示装置を構成する発光素子の製造方法を提供することである。さらにまた、この発明は、微細加工された素子をより広い領域に転写する際に、転写後も位置合わせ精度が損なわれることもなく、また配線不良などの問題も解決できる素子の配列方法および画像表示装置の製造方法を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

この発明の画像表示装置は、複数の発光素子が配列され所要の画像信号に対応して画像を表示する画像表示装置において、一個の上記発光素子の占有面積が  $25 \mu\text{m}^2$  以上で  $10000 \mu\text{m}^2$  以下とされ、上記各発光素子はそれぞれ配線用基板に実装されたものであることを特徴とする。一個の上記発光素子の占有面積が  $25 \mu\text{m}^2$  以上で  $10000 \mu\text{m}^2$  以下とされることから、個々の発光素子自体は微小なサイズとなり、発光素子自体を高密度に配線用基板に配設することが可能である。

この発明の好適な画像表示装置においては、各発光素子の占有面積に対する当該画像表示装置上の一面素分の占有面積の比が 10 以上 40000 以下とされ、より好ましくは 10 以上 10000 以下とされる。

この発明の画像表示装置に使用される発光素子は、微小なサイズをもって実装が可能な素子であれば特に限定されるものではないが、その一例としては、発光ダイオードや半導体レーザなどのデバイスを挙げるこ

とができ、特に、窒化物半導体発光素子、砒化物半導体発光素子、および燐化物半導体発光素子から選んで構成することができる。このような発光素子は、画像表示のカラー化のために、互いに波長を異ならせた3つの発光素子の組からなる画素を構成することができる。ここで典型的に  
5 は赤、緑、青の各色の発光素子を組み合わせることでカラー画面を構成できる。

また、この発明は、複数の発光素子が配列され所要の画像信号に対応して画像を表示する画像表示装置の製造方法において、所要の配線をマトリクス状に配設した配線用基板を用意するとともに、個別のチップに  
10 分離された複数の発光素子を用意し、該発光素子を上記配線に接続するように実装して画像表示装置を構成することを特徴とする。発光素子が微小なサイズであるために高密度に配線用基板に配設することが可能であり、また、個々の発光素子を完成させた後に配線用基板に対して実装するために歩留りは良好であり、大画面化も容易である。

15 このような画像表示装置の製造方法において、所要の素子形成用基板上に半導体層を積層し、該半導体層に複数の発光素子を並べて形成した後、各発光素子毎に分離し、その分離した各発光素子を配線用基板に実装することができ、発光素子の素子間の領域に素子形成用基板の基板表面に達する溝を、各発光素子を囲むように形成し、該溝に囲まれた各  
20 発光素子を素子形成用基板から分離させ、その分離された各発光素子を上記配線用基板に実装することができる。

より好ましい実施の形態の一例としては、分離された各発光素子の配線用基板への実装は吸着用治具に発光素子の表面または裏面を吸着させながら配線用基板に素子毎に搭載することで行うことができ、溝に囲  
25 まれた各発光素子の素子形成用基板からの分離は、該素子形成用基板の裏面からのエネルギービームの照射を利用するようにすることができる。

このエネルギービームの照射前に、素子形成用基板上の各発光素子を一時保持用基板に保持させ、上記エネルギービームの照射後に各発光素子を素子形成用基板から分離させ、各発光素子を一時保持用基板に保持させても良い。その場合に一時保持用基板は全面に粘着材が形成され、その粘着材に上記発光素子の表面が一時的に保持されても良い。また、分離された各発光素子の上記配線用基板への実装は発光素子表面の電極部分を上記配線用基板上の導電材に圧着することで行うようにしても良い。

また、この発明は前述の画像表示装置を構成する発光素子の製造方法についても提供するものであり、この発明の発光素子の製造方法は、所要の基板上に半導体層を積層し、該半導体層に複数の発光素子を並べて形成した後、各発光素子毎に分離するとともに各発光素子を上記基板からも分離することを特徴とする。

発光素子の製造方法の好ましい一例においては、上記各発光素子と上記基板と間の分離は、該基板の裏面からのエネルギービームの照射が利用され、上記エネルギービームの照射前に、上記各発光素子を一時保持用基板に保持させ、上記エネルギービームの照射後に各発光素子を上記基板から分離させ、各発光素子を一時保持用基板に保持させることが好ましい。また、一時保持用基板は全面に粘着材が形成され、その粘着材に上記発光素子の表面が一時的に保持されるようにして良い。

一方、この発明の素子の配列方法は、第一基板上に配列された複数の素子を第二基板上に配列する素子の配列方法において、上記第一基板上で上記素子が配列された状態よりは離間した状態となるように上記素子を転写して一時保持用部材に該素子を保持させる第一転写工程と、上記一時保持用部材に保持された上記素子をさらに離間して上記第二基板上に転写する第二転写工程を有することを特徴とする。

上記方法によれば、一時保持用部材に素子を保持させた時点で既に、

素子間の距離が大きくされ、その広がった間隔を利用して比較的サイズの大きな電極や電極パッドなどを設けることが可能となる。続く第二転写工程では一時保持用部材の比較的サイズの大きな電極や電極パッドなどを利用した配線が行われるために、素子サイズに比較して最終的な装置のサイズが著しく大きな場合であっても容易に配線を形成できる。

また、上記素子の配列方法を応用したこの発明の画像表示装置の製造方法は、発光素子もしくは液晶制御素子をマトリクス状に配置した画像表示装置を製造する方法であって、第一基板上で発光素子もしくは液晶制御素子が配列された状態よりは離間した状態となるように上記発光素子もしくは液晶制御素子を転写して一時保持用部材に上記発光素子もしくは液晶制御素子を保持させる第一転写工程と、上記一時保持用部材に保持された上記発光素子もしくは液晶制御素子をさらに離間して第二基板上に転写する第二転写工程と、上記各発光素子もしくは液晶制御素子に接続させる配線を形成する配線形成工程とを有することを特徴とする。

上記画像表示装置の製造方法によれば、画像表示装置の画像表示部分が発光素子もしくは液晶制御素子をマトリクス状に配置することで構成される。第一基板上の発光素子もしくは液晶制御素子は、密な状態すなわち集積度を高くして微細加工を施して作成でき、一時保持用部材に離間しながら転写された時点で広がった間隔を利用して比較的サイズの大きな電極や電極パッドなどを設けることが可能となる。したがって、前述の素子の配列方法と同様に、第二転写後の配線を容易に形成できる。

この発明は、上記に加えて発光素子の実装に工夫を施した画像表示装置、その製造方法を提供する。すなわち、かかるこの発明の画像表示装置は、複数の発光素子を配線用基板の基板主面上に配列して実装した構造を有する画像表示装置において、上記発光素子の結晶成長によって形成される結晶成長層が上記基板主面の法線方向において結晶成長時とは

倒置されて配線用基板に実装されることを特徴とする。

また、この発明の画像表示装置は、上記構成において、発光素子が結晶成長時の基板側が光取り出し窓となる結晶成長層を有し、各発光素子は上記配線用基板に実装される前に成長用基板から分離されること構造とすることができ、また、上記構成において、発光素子は基板主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有する上記結晶成長層に第 1 導電層、活性層、および第 2 導電層が形成され、上記第 1 導電層と接続される第 1 電極と、上記第 2 導電層と接続する第 2 電極は成長用基板からの高さがほぼ同程度とされる構造とすることができる。また、倒置された結晶成長層を有する画像表示装置であって、活性層を挟む第 1 導電層と第 2 導電層を有し、第 1 導電層と接続される第 1 電極と、第 2 導電層と接続する第 2 電極は上記基板主面の法線方向において上記結晶成長層を挟んでそれぞれ分けられて形成される構造とすることもできる。

さらに、この発明の画像表示装置の製造方法は、成長用基板上に選択成長により基板側が開いた形状となる結晶成長層を形成し、該結晶成長層に第 1 導電層、活性層、および第 2 導電層を形成して発光素子を構成し、上記第 1 導電層と接続する第 1 電極と、上記第 2 導電層と接続する第 2 電極を成長用基板からの高さがほぼ同程度となるように形成し、上記結晶成長層を上記成長用基板から分離して配線用基板に倒置して実装することを特徴とする。

また、この発明の素子実装基板は、複数の素子を配線用基板の基板主面上に配列して実装した構造を有する基板において、上記素子の結晶成長によって形成される結晶成長層が上記基板主面の法線方向において結晶成長時とは倒置されて上記配線用基板に実装されていることを特徴とする。

上記この発明の画像表示装置においては、発光素子の結晶成長層が基

板主面の法線方向において結晶成長時とは倒置されることから、電極側を結晶成長層の上側に形成した場合であっても倒置によって配線用基板に対峙する下側に位置することになり、配線用基板上に配線層を形成することで、実装の際に容易に電氣的接続を図ることができる。したがって、パッケージ形態する必要がなく、高密度に発光素子を配列することもできる。

また、この発明の画像表示装置の製造方法においては、結晶成長層が選択成長によって形成されるため、簡単に基板主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有する結晶成長層を形成することができ、したがって、結晶成長層を倒置した場合に、光に取り出し窓を上面とすることが容易となる。また、上記第 2 導電層と接続する第 2 電極を成長用基板からの高さがほぼ同程度となるようにすることで、配線用基板との電氣的な接続を容易なものとすることができる。

#### 15 図面の簡単な説明

第 1 図は、この発明の第 1 の実施例である画像表示装置の要部のレイアウト図、第 2 図は、この発明の第 2 の実施例である画像表示装置の要部のレイアウト図、第 3 図は、この発明の第 2 の実施例である画像表示装置の回路図、第 4 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における結晶層の形成工程を示す工程図、第 5 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における分離溝の形成工程を示す工程図、第 6 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における一時保持用基板の圧着工程を示す工程図、第 7 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法におけるエネルギービームの照射工程を示す工程図、第 8 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における素子形成用基板の剥離

工程を示す工程図、第 9 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の吸着工程を示す工程図、第 10 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の分離工程を示す工程図、第 11 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の実装直前の状態を示す工程図、第 12 図は、この発明の第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の実装後の状態を示す工程図、第 13 図は、この発明の実施形態の素子の配列方法を示す模式図、第 14 図は、この発明の実施形態の他の素子の配列方法を示す模式図、第 15 図は、この発明の実施形態の素子の配列方法における間引き転写を示す模式図、第 16 図は、この発明の実施形態の素子の配列方法における樹脂形成チップを示す概略斜視図、第 17 図は、この発明の実施形態の素子の配列方法における樹脂形成チップを示す概略平面図、第 18 図は、この発明の実施形態の素子の配列方法に用いられる発光素子の例を示す図であって、断面図（第 18 図 A）と平面図（第 18 図 B）、第 19 図は、この発明の実施形態の発光素子の配列方法における第一転写工程の工程断面図、第 20 図は、この発明の実施形態の発光素子の配列方法における電極パッド形成工程の工程断面図、第 21 図は、この発明の実施形態の発光素子の配列方法における他の電極パッド形成工程の工程断面図、第 22 図は、この発明の実施形態の発光素子の配列方法における吸着工程の工程断面図、第 23 図は、この発明の実施形態の発光素子の配列方法における第二転写工程の工程断面図、第 24 図は、この発明の実施形態の発光素子の配列方法における絶縁層の形成工程の工程断面図、第 25 図は、この発明の実施形態の発光素子の配列方法における配線形成工程の工程断面図、第 26 図は、この発明の実施形態の液晶制御素子の配列方法における薄膜トランジスタの形成工程の工程断面図、第 27 図は、この発明の

実施形態の液晶制御素子の配列方法における第一転写工程の工程断面図、第28図は、この発明の実施形態の液晶制御素子の配列方法における一時保持用部材での保持状態を示す工程断面図、第29図は、この発明の実施形態の液晶制御素子の配列方法における一時保持用部材から第2の一時保持用部材への転写工程の工程断面図、第30図は、この発明の実施形態の液晶制御素子の配列方法における第2の一時保持用部材での保持状態を示す工程断面図、第31図は、この発明の実施形態の液晶制御素子の配列方法における液晶パネルとして対向基板を形成して液晶を封入した状態を示す工程断面図、第32図は、発光素子の一例を示す断面図、第33図は、発光素子の他の一例を示す断面図、第34図は、発光素子の更に他の一例を示す断面図、第35図は、発光素子の結晶成長層が倒置して実装された画像表示装置の第1の例を示す要部の断面図、第36図は、第1の例である画像表示装置を構成する発光ダイオードを示す図であって、素子の断面図（第35図A）および素子の平面図（第35図B）、第37図は、第2の例である画像表示装置の要部の断面図、第38図は、第3の例である画像表示装置の製造方法における結晶成長層の形成工程および電極形成工程を示す工程断面図、第39図は、第3の例である画像表示装置の製造方法におけるレジスト層の形成工程を示す工程断面図、第40図は、第3の実施例である画像表示装置の製造方法におけるバンプの形成工程を示す工程断面図、第41図は、第3の実施例である画像表示装置の製造方法におけるエネルギービームの照射工程を示す工程断面図、第42図は、第3の実施例である画像表示装置の製造方法における一時保持用基板への転写工程を示す工程断面図、第43図は、第3の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の吸着工程を示す工程断面図、第44図は、第3の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の実装工程を示す工程断面図、第4



5 図は、第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の実装後の状態を示す工程断面図、第 4 6 図は、第 3 の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の加圧工程を示す工程断面図、第 4 7 図は、第 4 の実施例である画像表示装置の製造方法におけるエネルギービームの照射工程を示す工程断面図、第 4 8 図は、第 4 の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子の実装工程を示す工程断面図、第 4 9 図は、第 5 の実施例である画像表示装置の製造方法におけるエネルギービームの照射工程を示す工程断面図、第 5 0 図は、第 6 の実施例である画像表示装置の製造方法におけるエネルギービームの照射工程を示す工程断面図、第 5 1 図は、第 6 の実施例である画像表示装置の製造方法における転写工程を示す工程断面図、第 5 2 図は、第 6 の実施例である画像表示装置の製造方法における第 2 転写工程を示す工程断面図、第 5 3 図は、第 6 の実施例である画像表示装置の製造方法における第 2 転写工程後の状態を示す工程断面図、第 5 4 図は、第 6 の実施例である画像表示装置の製造方法における実装工程時の状態を示す工程断面図、第 5 5 図は、第 7 の実施例である画像表示装置の製造方法における発光素子形成時の状態を示す工程断面図、第 5 6 図は、第 7 の実施例である画像表示装置の製造方法におけるエネルギー照射を伴う実装工程を示す工程断面図、第 5 7 図は、第 8 の実施例である画像表示装置の断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、この発明を適用した画像表示装置、画像表示装置の製造方法、さらには発光素子の製造方法、素子の配列方法、素子実装基板について、  
25 図面を参照しながら詳細に説明する。

第 1 図は第 1 の実施例の画像表示装置の要部のレイアウトを示す図で

あり、第1図では垂直水平方向に2画素分ずつの要部を図示している。

この実施例の画像表示装置では、配線用基板1の主面上に水平方向に延在された複数本のアドレス線ADD0、ADD1が形成され、さらに図示しない層間絶縁膜を介して垂直方向に延在された複数本のデータ線DLR0～DLB1が形成されている。配線用基板1は例えばガラス基板や、合成樹脂または絶縁層で被覆された金属基板、あるいはシリコン基板などの半導体製造に汎用な基板であり、アドレス線やデータ線を求められる精度で形成可能な基板であればどのような基板であっても良い。

アドレス線ADD0、ADD1は導電性の優れた金属材料層や半導体材料層と金属材料層の組み合わせなどによって形成され、その線幅は第1図に示すように発光ダイオードのサイズMに比較して広い幅にすることができる。これは次に説明するように、一個の上記発光素子の占有面積が $25\mu\text{m}^2$ 以上で $10000\mu\text{m}^2$ 以下とされた微小なサイズの発光ダイオードを実装していることから実現できるものであり、したがって、順次画素を走査して所要の画像を出力させる場合のアドレス線自体の抵抗による遅れを極力低減することができる。このアドレス線ADD0、ADD1は水平方向に延長されており、各画素当たり1本のアドレス線が通過する。したがって、水平方向に隣接する画素同士では共通のアドレス線が選択に用いられる。

データ線DLR0～DLB1は、アドレス線と同様に、導電性の優れた金属材料層や半導体材料層と金属材料層の組み合わせなどによって形成され、その線幅は第1図に示すように配線用基板1の専有面積の約半分程度を占めるように形成することもできる。このような広い線幅もアドレス線と同様に、一個の発光素子の占有面積が $25\mu\text{m}^2$ 以上で $10000\mu\text{m}^2$ 以下とされ微小なサイズの発光ダイオードを実装しているために可能である。これらデータ線DLR0～DLB1は垂直方向に延

長されており、各画素当たり発光ダイオードの数に応じて3本のデータ線が使用されている。例えば、図中左上の画素の発光ダイオードは、赤色発光ダイオードDR00、緑色発光ダイオードDG00、および青色発光ダイオードDB00からなり、データ線DLR0~DLB0も各発  
5 光色ごとに設けられている。データ線DLR0~DLB1は垂直方向に隣接する画素の同じ発光色のダイオードの間では共通のデータ線が利用される。

この実施例の画像表示装置は、発光ダイオードをマトリクス状に配列して、所要の画像信号（映像信号すなわち動画用信号を含む。以下同様。）に応じた発光を行う。この駆動方法としては、アクティブマトリクス型液晶表示装置と同様の点順次または線順次方式でこの実施例の画像表示装置は駆動される。発光ダイオードは、例えば、青色および緑色の発光ダイオード用としてサファイア基板上に成長された窒化ガリウム系のダブルヘテロ構造多層結晶を用いることができ、赤色の発光ダイ  
15 オード用として砒化ガリウム基板上に成長された砒化アルミニウムガリウムまたは燐化インジウムアルミニウムガリウム系のダブルヘテロ構造多層結晶を用いることができる。発光ダイオードは互いに波長を異ならせた3つの発光素子の組からなる画素を構成するが、異なる波長の組は赤、緑、青に限らず、他の色の組であっても良い。

20 この実施例の画像表示装置においては、各画素内において、水平方向に赤色の発光ダイオードDR00、DR01、DR10、DR11、次いで緑色の発光ダイオードDG00、DG01、DG10、DG11、次いで青色の発光ダイオードDB00、DB01、DB10、BG11が並んでいる。例えば、図中左上の画素の発光ダイオードは、赤色発光  
25 ダイオードDR00、緑色発光ダイオードDG00、および青色発光ダイオードDB00の順にダイオードが配列されており、これら3つの発

光ダイオードが1つの画素の組を構成する。

ここで、各発光ダイオードは、例えばそれぞれ略正方形の形状を有し、非パッケージ状態のままあるいは微小パッケージ状態（例えば1mmサイズ以下程度）のまま実装されるチップ構造を有している。第1図のレイアウト図では、発光ダイオードの詳細な層構造について図示しないが、それぞれ発光ダイオードの平面形状は略正方形であり、その略正方形の発光ダイオードチップを実装することで、発光ダイオードのマトリクス状の配列が構成されている。各発光ダイオードの位置は、アドレス線ADD0、ADD1とデータ線DLR0~DLB1の交差位置に対応した位置になっており、各発光ダイオードはアドレス線に接続した電極パッド部11を介して電氣的にアドレス線に接続され、同様に、データ線に接続した電極パッド部12を介して電氣的にデータ線に接続される。電極パッド部11は垂直方向に延在する小さい帯状領域であり、電極パッド部12は水平方向に延在する小さい帯状領域である。各発光ダイオードはこれら電極パッド部11、12を介して電氣的にアドレス線およびデータ線に接続され点順次あるいは線順次の方式で駆動される。

一個の発光ダイオードの素子占有面積は $25\mu\text{m}^2$ 以上で $10000\mu\text{m}^2$ 以下であることから、略正方形の各発光ダイオードのサイズは、その一辺が $5\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ 程度のサイズとされる。このような微小なサイズをもって配線用基板に実装される発光ダイオードとして、各発光ダイオードは微小パッケージ状態または非パッケージ状態のまま配線用基板1に実装される。各ダイオードの製造のために、好ましくは後述の発光ダイオードの製造方法を用いて製造することができる。一方、この実施例の画像表示装置では、その一面素当たりのピッチが垂直方向でVであり、水平方向でHであって、例えば $0.1\text{mm}$ から $1\text{mm}$ の範囲に設定される。これは動画用（テレビジョン受像機、ビデオ機器、ゲ

ーム機器)や情報用(例えばコンピュータ用)の画像表示装置としては、対角サイズで30cmから150cmのものが適当であり、その画素数がRGBを合わせて1画素とした場合で概ね30万画素から200万画素程度のものが実用上望ましく、また、人間の視覚特性からも、直視型の画像表示装置として画素ピッチを0.1mm(個人用高精細表示)から1mm(数人用動画表示)とすることが好ましいためである。したがって、発光ダイオードをその一辺が5 $\mu$ mから100 $\mu$ m程度のサイズとした場合では、各発光ダイオードの占有面積に対する当該画像表示装置上の一画素分の占有面積の比が10以上40000以下であることが好ましく、さらに10以上10000以下であることがより好ましい。

通常画像表示装置の発光素子は、典型的には0.3ミリメートル角のサイズが樹脂パッケージ前のチップサイズであり、それに樹脂パッケージを施した場合には、1mmを越えることになる。したがって、例えば画素ピッチを仮に5ミリとした場合には、上記各発光ダイオードの占有面積に対する画像表示装置上の一画素分の占有面積の比が1~2程度の数値に納まることになり、この実施例の如き各発光ダイオードの占有面積に対する画像表示装置上の一画素分の占有面積の比の範囲として好ましくは10以上40000以下であり、さらに好ましくは10以上10000以下の範囲であって、この実施例の範囲からは通常の典型的な画像表示装置はその比の範囲が外れたものとなっている。

このような微細なチップサイズの発光ダイオードを用いることがこの実施例の画像表示装置の背景にあるが、微細なチップサイズであっても十分な輝度が得られることが次のように示される。すなわち、屋内用表示装置としては、その十分な輝度として必要な値は500cd/m<sup>2</sup>程度であり、これを光出力に換算すると赤色、緑色、青色の各色とも概ね5W/m<sup>2</sup>となる。これを画像表示装置で実現するためには、計算上は

1つの発光ダイオードの平均光出力を $0.017\mu\text{W}$ から $1.7\mu\text{W}$ の範囲であれば良い。ここで信頼性については通常発光ダイオードと同等と仮定して考えてみると、その駆動電流密度を同等にした場合に、多少のマージンを加えても $1\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ 程度のサイズを発光ダイオードが有していれば良く、配線用基板に実装される発光ダイオードとして、一個の発光ダイオードの占有面積を $25\mu\text{m}^2$ 以上で $10000\mu\text{m}^2$ 以下に設定することは信頼性と輝度の面で十分なものとなる。

微小サイズのまま実装される各発光ダイオードは、上述の如きサイズを有しており、後述する製造方法のように、素子形成用基板上に形成され、その後チップ毎に分離されて非パッケージ状態または微小パッケージ状態をもって実装されるものである。ここで非パッケージ状態とは、樹脂成形などのダイオードチップの外側を覆うような処理を施していない状態を指す。また、微小パッケージ状態とは薄い肉厚の樹脂などに被覆された状態であるが、通常のパッケージサイズよりも小さいサイズ（例えば $1\text{mm}$ 以下程度のもの）に収まっている状態を指す。後述の製造方法で詳述されるように、この実施例の画像表示装置に用いられる発光ダイオードはパッケージがない分またはパッケージが微小な分だけ微細なサイズで配線用基板上に実装される。

次に、第2図および第3図を参照しながら、第2の実施例の画像表示装置について説明する。この実施例は上記第1の実施例の画像表示装置の変形例であり、特に各発光ダイオードに電氣的に接続する電流保持回路がチップ状に実装されている例である。

第2図のレイアウト図では、この実施例の画像表示装置の内の1画素分（ $V1 \times H1$ ）の構造が示されている。第1の実施例のものと同様な配線用基板21上に水平方向に延在されるアドレス線ADDと2本の電

源線 P W 1、P W 2 が所要の間隔で形成されている。これらアドレス線 A D D と 2 本の電源線 P W 1、P W 2 は、導電性の優れた金属材料層や半導体材料層と金属材料層の組み合わせなどによって形成され、その線幅は発光ダイオードや電流保持回路のチップのサイズに比較して広い幅  
5 とされる。また、同じ画素内には垂直方向に各発光ダイオード毎の信号線 D L R、D L G、D L B が所要の間隔で形成されており、これら信号線 D L R、D L G、D L B もアドレス線 A D D と同様の構造、寸法で形成されている。

この実施例の画像表示装置では、発光ダイオード D R、D-G、D B が  
10 マトリクス状に配列され、所要の画像信号に応じた発光を行う。当該画素において、赤色発光ダイオード D R、緑色発光ダイオード D G、および青色発光ダイオード D B の順にダイオードが配列されており、これら 3 つの発光ダイオードが 1 つの画素の組を構成する。各発光ダイオード D R、D G、D B はそれぞれ略正方形の微小なサイズをもって実装され  
15 たチップ構造を有していることは前述の実施例と同様である。各発光ダイオード D R、D G、D B は電源線 P W 1 と電源線 P W 2 の間の領域に実装される。

そして、この実施例の画像表示装置においては、各発光ダイオード D R、D G、D B に電氣的に接続され各発光ダイオード D R、D G、D B  
20 を流れる電流保持するための電流保持回路 P T が各素子毎に形成されている。この電流保持回路 P T は、後述するトランジスタと容量を有する回路構成からなる回路であり、特に電流保持回路 P T は個別のチップ状に形成され微小なサイズをもって配線用基板 2 1 に実装されたものである。この実施例では、各発光ダイオード D R、D G、D B と電流保持回  
25 路 P T を形成した上記電流保持回路チップが略同一のチップサイズを有しており、一個の発光ダイオードの素子占有面積は  $25 \mu\text{m}^2$  以上で 1

0 0 0 0  $\mu\text{m}^2$ 以下とされ、かつ一個の電流保持回路 P T のチップの占有面積も同様に 2 5  $\mu\text{m}^2$ 以上で 1 0 0 0 0  $\mu\text{m}^2$ 以下とされる。このような略同一のチップサイズとすることで、同じ実装工程での実装が可能となり、製造工程を容易に実現することができる。これら各電流保持回路 P T は電源線 P W 1 とアドレス線 A D D の間の領域に形成される。

各発光ダイオード D R、D G、D B と電流保持回路 P T の間および各信号線 D L R、D L G、D L B やアドレス線 A D D、電源線 P W 1、P W 2 の間には、配線の必要から配線部 2 2 ~ 2 6 が形成される。配線部 2 2 は垂直方向を長手方向とする帯状小領域であり、発光ダイオードと電源線 P W 2 を接続する。配線部 2 3 は垂直方向を長手方向とする帯状領域であり、発光ダイオード D R、D G、D B とその発光ダイオード D R、D G、D B を駆動する電流を保持するための電流保持回路 P T の間をそれぞれ接続する。配線部 2 4 は発光ダイオードから水平に延在された後、電源線 P W 1 に接続するために垂直に延在された帯状の領域であり、電流保持回路 P T と電源線 P W 1 の間を接続する。配線部 2 5 は垂直方向を長手方向とする帯状の小領域であり、電流保持回路 P T とアドレス線 A D D の間を接続する。配線部 2 6 は水平方向に延在された帯状の小領域であり、電流保持回路 P T と信号線 D L R、D L G、D L B の間をそれぞれ接続する。これら各配線部 2 2 ~ 2 6 は各発光ダイオード D R、D G、D B を微小なサイズをもって配線用基板に実装する場合に、後述するような接合用導電材を載置することができるものであり、電流保持回路 P T のチップを同様に微小なサイズをもって配線用基板に実装する場合にも後述するような接合用導電材を載置することができるものである。

第 3 図は、第 2 図に示すこの実施例の画像表示装置の回路図である。図中、ダイオード 3 1 が発光ダイオードであり、画像信号に応じて所定



の色の発光を行う。なお、ダイオード 31 は赤、緑、青の 3 色であり、水平方向で並ぶ 3 つのダイオード 31 が 1 つの画素を構成しているが、第 3 図の回路図中は説明を簡素化するために色の区別をせずに示している。このダイオード 31 に接続されたトランジスタ 32、33 と容量 34 が電流保持回路を構成する。電源線 PW1 と電源線 PW2 の間でダイオード 31 と直列にトランジスタ 32 が接続され、トランジスタ 32 がオン状態の場合に限り、ダイオード 31 は発光する。電源線 PW1 と電源線 PW2 の一方は接地電圧を供給し他方は電源電圧を供給する。このトランジスタ 32 のゲートには容量 34 の一方の端子とスイッチングトランジスタとして機能するトランジスタ 33 のソース・ドレイン領域の一方が接続する。このトランジスタ 33 の他方のソース・ドレイン領域は画像信号が供給される信号線 DL に接続され、該トランジスタ 33 のゲートは水平方向に延在するアドレス線 ADD に接続される。

アドレス線 ADD はシフトレジスタ回路 36 によって選択的にレベルが切り替えられる構造となっており、例えば複数のアドレス線の一本だけが高レベルにシフトして、その水平アドレスが選択されたことになる。信号線 DL は画像（映像）信号を各発光ダイオード 31 に伝えるための配線であり、各発光ダイオード 31 が 1 つに対して一本の信号線 DL が対応する。アドレス線 ADD はシフトレジスタ回路 36 によって選択的にレベルシフトされるが、信号線 DL はシフトレジスタ・トランスファゲート回路 35 によって走査され、選択された信号線 DL にはシフトレジスタ・トランスファゲート回路 35 を介して画像信号が供給される。

トランジスタ 32 のゲートに接続されかつトランジスタ 33 の一方のソース・ドレイン領域に接続する容量 34 は、トランジスタ 32 のゲートの電位をトランジスタ 33 がオフ状態となった際に維持する機能を有する。このようにトランジスタ 33 がオフとなった場合でも、ゲート電

圧を維持できるために、発光ダイオード 3 1 を駆動し続けることが可能である。

ここで簡単に動作について説明する。水平のアドレス線 A D D にシフトレジスタ回路 3 6 から電圧を印加してアドレスを選択すると、その選  
5 択されたラインのスイッチングトランジスタ 3 3 がオン状態となる。その時に、垂直方向に延在されている信号線 D L に画像信号を電圧として加えると、その電圧がスイッチングトランジスタ 3 3 を介してトランジスタ 3 2 のゲートに到達するが、同時に容量 3 4 にもそのゲート電圧が蓄電され、その容量 3 4 がトランジスタ 3 2 のゲート電圧を維持するよ  
10 うに動作する。水平方向のアドレス線 A D D の選択動作が停止した後、すなわち選択にかかるアドレス線の電位が再び低レベルに遷移して、トランジスタ 3 3 がオフ状態となった場合でも、容量 3 4 はゲート電圧を維持しつづけ、原理的には次のアドレス選択が生ずるまで、容量 3 4 は選択時のゲート電圧を保持し続けることが可能である。この容量 3 4 が  
15 ゲート電圧を維持している間は、トランジスタ 3 2 はその維持された電圧に応じた動作を行い、発光ダイオード 3 1 に駆動電流を流し続けることも可能である。このように発光ダイオード 3 1 の発光している時間を長く保つことで、個々の発光ダイオードの駆動電流を低くしても画像全体の輝度を高くすることができる。

20 次に、第 3 の実施例として、この発明の画像表示装置の製造方法について第 4 図ないし第 1 2 図を参照しながら説明する。なお、この画像表示装置の製造方法は、そのまま発光素子の製造方法としても用いることができ、配線用基板に対して実装する前工程までの説明は発光素子の製造方法の説明でもある。

25 第 4 図に示すように、初めにサファイア基板 5 1 を用意し、図示しない低温、高温のバッファ層を形成した後、第 2 導電型クラッド層 5 2、

活性層 5 3、第 1 導電型クラッド層 5 4 が順次積層される。サファイア  
基板 5 1 が素子形成用基板となる。ここで第 2 導電型クラッド層 5 2、  
活性層 5 3、第 1 導電型クラッド層 5 4 は、例えば青色や緑色発光ダイ  
オードを製造する場合には、窒化ガリウム系結晶成長層とすることがで  
5 きる。このような各層の成長によって、サファイア基板 5 1 上には p n  
接合を有したダブルヘテロ構造の発光ダイオードが形成される。

次に、第 5 図に示すように、フォトリソグラフィ技術を用い、さら  
に蒸着と反応性イオンエッチングを利用して、第 2 導電型クラッド層 5  
2 に接続するように n 型電極 5 5 が形成され、さらに第 1 導電型クラ  
10 ド層 5 4 に接続するように p 型電極 5 6 も形成される。各電極 5 5、5  
6 が各素子毎に形成されたところで、各素子の周囲を分離するように分  
離溝 5 7 が形成される。この分離溝 5 7 のパターンは一般的に残される  
発光ダイオードを正形状とするために格子状となるが、これに限定さ  
れず他の形状でも良い。この分離溝 5 7 の深さはサファイア基板 5 1 の  
15 主面が露出する深さであり、第 2 導電型クラッド層 5 2 は該分離溝 5 7  
によって分離されたものとなる。正形状とされる発光ダイオードのサ  
イズは、その占有面積が  $25 \mu\text{m}^2$  以上で  $10000 \mu\text{m}^2$  以下とされる  
程度の大きさであり、一辺のサイズはしたがって  $5 \mu\text{m}$  ないし  $100 \mu\text{m}$   
である。

20 第 6 図に示すように、一時保持用基板 6 0 を用意する。この一時保持  
用基板 6 0 は各発光ダイオードを転写する場合に保持するための基板で  
ある。この一時保持用基板 6 0 の表面には粘着材層 6 1 が塗布されてお  
り、その粘着材層 6 1 の表面 6 2 を既に分離溝 5 7 が形成された発光ダ  
イオード側に圧着する。すると、粘着材層 6 1 の表面 6 2 には各発光ダ  
25 イオードの表面側が粘着することになる。

次に、第 7 図に示すように、エネルギービームとしてエキシマレーザ

光などの高出力パルス紫外線レーザをサファイア基板 5 1 の裏面側から表面側に透過するように照射する。この高出力パルス紫外線レーザの照射によって、サファイア基板 5 1 と結晶層である第 2 導電型クラッド層 5 2 などの界面近傍での例えば窒化ガリウム層が窒素ガスと金属ガリウムに分解し、その第 2 導電型クラッド層 5 2 とサファイア基板 5 1 の間の接合力が弱くなり、その結果、第 8 図に示すように、サファイア基板 5 1 と結晶層である第 2 導電型クラッド層 5 2 との間を容易に剥離することができる。

サファイア基板 5 1 を剥離した後、各発光ダイオードは素子分離された状態で一時保持用基板 6 0 の粘着材層 6 1 に保持され、第 9 図に示すように、その第 2 導電型クラッド層 5 2 の面を吸着用治具 7 0 で吸着する。吸着用治具 7 0 の吸着部 7 2 が第 2 導電型クラッド層 5 2 の裏面に接したところで、当該吸着用治具 7 0 に設けられた吸着孔 7 1 の内部圧力を減圧することで必要な吸着が行われる。

吸着にかかる発光ダイオードの第 2 導電型クラッド層 5 2 の裏面が十分に吸着したところで、吸着用治具 7 0 を一時保持用基板 6 0 から離し、第 10 図に示すように吸着にかかる発光ダイオードを個別に一時保持用基板 6 0 から外す。

ここまでの個別の小さなサイズの発光素子の製造方法となるが、引き続き、配線用基板に実装することで画像表示装置が製造される。第 11 図は、配線用基板 8 0 に吸着用治具 7 0 に吸着されている発光ダイオードを実装する直前の状態を示す図であり、この発光ダイオードは、一個の素子の占有面積が  $25 \mu\text{m}^2$  以上で  $10000 \mu\text{m}^2$  以下とされる微小なサイズをもって構成されている。この段階では、配線用基板 8 0 が既に用意されており、この配線用基板 8 0 上には所要の信号線やアドレス線、電源線や接地線などの配線電極 8 1 が既に形成されている。配線

用基板 80 は、例えばガラス基板や、合成樹脂または絶縁層で被覆された金属基板、あるいはシリコン基板などの半導体製造に汎用な基板であり、アドレス線やデータ線を求められる精度で形成可能な基板であればどのような基板であっても良い。配線電極 81 上には、接合用導電材 82 が形成されている。この接合用導電材 82 は圧着されることで変形しながらかつ電氣的な接続を果たす材料であれば良い。

次に、第 12 図に示すように、吸着用治具 70 を配線用基板 80 に近づけ、所要の位置に発光ダイオードを圧着させて当該発光ダイオードを実装する。この非パッケージ状態の発光ダイオードの圧着によって接合用導電材 82 は変形するが、確実に固定されて実装を完了する。このような発光ダイオードの実装作業を全部のダイオードについて繰り返し行うことでマトリクス状に画素が配列された画像表示装置が完成する。電流保持回路についても同様の非パッケージ状態のまま実装することができる。

この実施例の画像表示装置の製造方法を用いることで、窒化ガリウム基板上に形成する発光ダイオードやシリコン基板上に形成する発光ダイオードや回路素子の微小チップ化には、レーザなどの手段が不要であり、基板裏面からの研磨、研削、化学エッチングや分離溝形成のためのエッチングの組み合わせによって微小チップを形成できる。

なお、上述の例では、発光ダイオードを 1 つずつ吸着して実装する例を説明したが、複数の吸着部を形成した治具を使用することで、その生産性を向上させることも可能であり、シリコン基板や化合物半導体基板上に素子を形成する場合には、エネルギービームの照射に限定されず、基板裏面からの研磨、研削、化学エッチングを用いても良い。

発光素子である LED（発光ダイオード）は高価であるため、上述のように 1 枚のウエハから数多くの LED チップを製造することにより L

LEDを用いた画像表示装置を低コストにできる。すなわち、LEDチップの大きさを約 $300\mu\text{m}$ 角のものを上記のように数十 $\mu\text{m}$ 角のLEDチップにして、それを接続して画像表示装置を製造すれば画像表示装置の価格を下げるができる。

- 5      そこで各素子を集積度高く形成し、各素子を広い領域に転写などによって離間させながら移動させ、画像表示装置などの比較的大きな表示装置を構成する技術があり、例えば米国特許第5438241号に記載される薄膜転写法や、特開平11-142878号公報に記載される表示用トランジスタレイパネルの形成方法などの技術が知られている。米
- 10    国特許第5438241号では基板上に密に形成した素子が粗に配置し直される転写方法が開示されており、接着剤付きの伸縮性基板に素子を転写した後、各素子の間隔と位置をモニターしながら伸縮性基板がX方向とY方向に伸張される。そして伸張された基板上の各素子が所要のディスプレイパネル上に転写される。また、特開平11-142878号
- 15    公報に記載される技術では、第1の基板上の液晶表示部を構成する薄膜トランジスタが第2の基板上に全体転写され、次にその第2の基板から選択的に画素ピッチに対応する第3の基板に転写する技術が開示されている。

- ところが前述のような技術では、次のような問題が生ずる。まず、前
- 20    述の基板上に密に形成したデバイスを粗に配置し直す転写方法は、伸縮性基板の伸長時の不動点(支点)がデバイスチップの接着面のどの位置になるかによって、デバイス位置が最小でチップサイズ( $\geq 20\mu\text{m}$ )だけずれるという本質的な問題を抱えている。そのために、デバイスチップ毎の精密位置制御が不可欠になる。したがって、少なくとも $1\mu\text{m}$ 程度
- 25    の位置合わせ精度が必要な高精細TFTレイパネルの形成には、TFTデバイスチップ毎の位置計測と制御を含む位置合わせに多大な時間を

要する。さらに、熱膨張係数の大きな樹脂フィルムへの転写の場合には、位置決め前後の温度／応力変動によって位置合わせ精度が損なわれ易い。以上の理由から、量産技術として採用することには極めて大きな問題がある。

- 5      また、特開平 1 1 - 1 4 2 8 7 8 号に記載される技術では、最終的な転写の後に配線電極などが作成される。ところが、高速動作や低コスト化のための高集積化によって薄膜トランジスタや発光素子などの素子サイズを小さくすることが求められており、素子を所要の画素ピッチの位置に配設した後で、配線層などを形成する場合では、微細化された素子
- 10    チップが広げられた領域に配設されている状態で配線を形成する必要がある、素子の位置精度の問題から配線不良などの課題が新たに噴出することになる。

- そこで、微細加工された素子をより広い領域に転写する際に、転写後も位置合わせ精度が損なわれることもなく、また配線不良などの問題も
- 15    解決できる素子の配列方法および画像表示装置の製造方法が必要になる。そこで、以下、かかる素子の配列方法、画像表示装置の製造方法について説明する。

#### 〔二段階拡大転写法〕

- この実施形態の素子の配列方法および画像表示装置の製造方法は、高
- 20    集積度をもって第一基板上に作成された素子を第一基板上で素子が配列された状態よりは離間した状態となるように一時保持用部材に転写し、次いで一時保持用部材に保持された上記素子をさらに離間して第二基板上に転写する二段階の拡大転写を行う。なお、この実施形態では転写を2段階としているが、素子を離間して配置する拡大度に応じて転写を三
- 25    段階やそれ以上の多段階とすることもできる。

第 1 3 図と第 1 4 図はそれぞれ二段階拡大転写法の基本的な工程を示

す図である。まず、第 13 図 A に示す第一基板 90 上に、例えば発光素子や液晶制御素子のような素子 92 を密に形成する。液晶制御素子とは、最終製品として液晶パネルを形成した際に液晶の配向状態を制御する薄膜トランジスタなどの素子である。素子を密に形成することで、各基板  
5 当たりに生成される素子の数を多くすることができ、製品コストを下げる  
ことができる。第一基板 90 は例えば半導体ウエハ、ガラス基板、石英ガラス基板、サファイア基板、プラスチック基板などの種々素子形成  
可能な基板であるが、各素子 92 は第一基板 90 上に直接形成したもの  
であっても良く、他の基板上で形成されたものを配列したものであつて  
10 も良い。

次に第 13 図 B に示すように、第一基板 90 から各素子 92 が図中破線  
で示す一時保持用部材 91 に転写され、この一時保持用部材 91 の上  
に各素子 92 が保持される。ここで隣接する素子 92 は離間され、図示  
のようにマトリクス状に配される。すなわち素子 92 は x 方向にもそれ  
15 ぞれ素子の間を広げるように転写されるが、x 方向に垂直な y 方向にも  
それぞれ素子の間を広げるように転写される。このとき離間される距離  
は、特に限定されず、一例として後続の工程での樹脂部形成や電極パッド  
の形成を考慮した距離とすることができる。一時保持用部材 91 上に  
第一基板 90 から転写した際に第一基板 90 上の全部の素子が離間され  
20 て転写されるようにすることができる。この場合には、一時保持用部材  
91 のサイズはマトリクス状に配された素子 92 の数（x 方向、y 方向  
にそれぞれ）に離間した距離を乗じたサイズ以上であれば良い。また、  
一時保持用部材 91 上に第一基板 90 上の一部の素子が離間されて転写  
されるようにすることも可能である。

25 一時保持用部材 91 への素子 92 の転写は、後述するように、所要の  
吸着用治具やアクチュエーターなどを用いた機械的手段を使用して行う



ようにすることもでき、あるいは熱や光によって軟化、硬化、架橋、劣化などの反応を生ずる樹脂などを塗布した上で熱や光を局所的に照射して剥離や接着などを生じさせて選択的に転写を行うようにしても良い。さらには、熱や光と機械的手段の組み合わせで転写するようにしても良い。

5 い。一時保持用部材 9 1 と第一基板 9 0 の面同士を対峙させて転写することが一般的ではあるが、一旦、第一基板 9 0 から素子 9 2 をチップ毎にばらばらに分離し、個々の素子 9 2 を改めて一時保持用部材 9 1 に並べるようにしても良い。

このような第一転写工程の後、第 1 3 図 C に示すように、一時保持用

10 部材 9 1 上に存在する素子 9 2 は離間されていることから、各素子 9 2 ごとに素子周りの樹脂の被覆と電極パッドの形成が行われる。素子周りの樹脂の被覆は電極パッドを形成し易くし、次の第二転写工程での取り扱いを容易にするなどのために形成される。電極パッドの形成は、後述するように、最終的な配線が続く第二転写工程の後に行われるため、その

15 の際に配線不良が生じないように比較的大き目のサイズに形成されるものである。なお、第 1 3 図 C には電極パッドは図示していない。各素子 9 2 の周りを樹脂 9 3 が覆うことで樹脂形成チップ 9 4 が形成される。素子 9 2 は平面上、樹脂形成チップ 9 4 の略中央に位置するが、一方の辺や角側に偏った位置に存在するものであっても良い。

20 次に、第 1 3 図 D に示すように、第二転写工程が行われる。この第二転写工程では一時保持用部材 9 1 上でマトリクス状に配される素子 9 2 が樹脂形成チップ 9 4 ごと更に離間するように第二基板 9 5 上に転写される。この転写も第一転写工程と同様に、所要の吸着用治具やアクチュエーターなどを用いた機械的手段を使用して行うようにすることもでき、

25 あるいは熱や光によって軟化、硬化、架橋、劣化などの反応を生ずる樹脂などを塗布した上で熱や光を局所的に照射して剥離や接着などを生じ

させて選択的に転写を行うようにしても良い。さらには、熱や光と機械的手段の組み合わせで転写するようにしても良い。

- 第二転写工程においても、隣接する素子 9 2 は樹脂形成チップ 9 4 ごとと離間され、図示のようにマトリクス状に配される。すなわち素子 9 2 は x 方向にもそれぞれ素子の間を広げるように転写されるが、x 方向に垂直な y 方向にもそれぞれ素子の間を広げるように転写される。第二転写工程によって配置された素子の位置が画像表示装置などの最終製品の画素に対応する位置であるとする、当初の素子 9 2 間のピッチの略整数倍が第二転写工程によって配置された素子 9 2 のピッチとなる。ここで第一基板 9 0 から一時保持用部材 9 1 での離間したピッチの拡大率を  $n$  とし、一時保持用部材 9 1 から第二基板 9 5 での離間したピッチの拡大率を  $m$  とすると、略整数倍の値  $E$  は  $E = n \times m$  であらわされる。拡大率  $n$ 、 $m$  はそれぞれ整数であっても良く、整数でなくとも  $E$  が整数となる組み合わせ（例えば  $n = 2.4$  で  $m = 5$ ）であれば良い。
- 第二基板 9 5 上に樹脂形成チップ 9 4 ごとと離間された各素子 9 2 には、配線が施される。この時、先に形成した電極パッドなどを利用して接続不良を極力抑えながらの配線がなされる。この配線は例えば素子 9 2 が発光ダイオードなどの発光素子の場合には、p 電極、n 電極への配線を含み、液晶制御素子の場合には、選択信号線、電圧線や、配向電極膜などの配線などを含む。

- 次に、第 1 4 図は第 1 3 図の二段階拡大転写法の変形例であり、第一基板 9 0 a 上から一時保持用部材 9 1 a への転写方法が異なる実施形態である。第 1 4 図 A に示すように第一基板 9 0 a 上に例えば発光素子や液晶制御素子のような素子 9 2 が密に形成される。複数の素子 9 2 は第一基板 9 0 a 上ではマトリクス状に配列されており、第一基板 9 0 a 自体は第 1 3 図の第一基板 9 0 と同様に例えば半導体ウエハ、ガラス基板、

石英ガラス基板、サファイア基板、プラスチック基板などの種々素子形成可能な基板であるが、各素子 1 2 は第一基板 9 0 上に直接形成したものであっても良く、他の基板上で形成されたものを配列したものであっても良い。

- 5      このように複数の素子 9 2 を第一基板 9 0 a 上にマトリクス状に形成したところで、一時保持用部材 9 1 a へ素子 9 2 を離間しながら転写する。この場合には、第一基板 9 0 a と一時保持用部材 9 1 a が対峙するように保持され、第一基板 9 0 a 上のマトリクス状に配列された複数の素子 9 2 を間引きするように転写する。すなわち、第一基板 9 0 a 上の  
10   ある素子 9 2 を転写する場合、その隣接した周囲の素子 9 2 は転写しないで、所要距離だけ離間した位置の素子 9 2 が第一基板 9 0 a と当該一時保持用部材 9 1 a が対峙している間に転写される。隣接した周囲の素子 9 2 はこの間引き転写で第一基板 9 0 a に残されるが、別個の一時保持用部材に対して転写することで、密に形成した素子 9 2 を無駄にすることなく有効に活用される。  
15

- 一時保持用部材 9 1 a への素子 9 2 の転写は、後述するように、所要の吸着用治具やアクチュエーターなどを用いた機械的手段を使用して行うようにすることもでき、あるいは熱や光によって軟化、硬化、架橋、劣化などの反応を生ずる樹脂などを塗布した上で熱や光を局所的に照射  
20   して剥離や接着などを生じさせて選択的に転写を行うようにしても良い。さらには、熱や光と機械的手段の組み合わせで転写するようにしても良い。

- このような第一転写工程の後、第 1 4 図 C に示すように、一時保持用部材 9 1 a 上に存在する素子 9 2 は離間されていることから、各素子 9  
25   2 ごとに素子周りの樹脂 9 3 の被覆と電極パッドの形成が行われ、続いて第 1 4 図の (d) に示すように、第二転写工程が行われる。この第二

転写工程では一時保持用部材 9 1 a 上でマトリクス状に配される素子 9 2 が樹脂形成チップ 9 4 ごと更に離間するように第二基板 9 5 上に転写される。これら素子周りの樹脂 9 3 の被覆と電極パッドの形成と第二転写工程は第 1 3 図を用いて説明した工程と同様であり、二段階拡大転写  
5 の後で所要の配線が形成される点も同様である。

これら第 1 3 図、第 1 4 図に示した二段階拡大転写法においては、第一転写後の離間したスペースを利用して電極パッドや樹脂固めなどを行うことができ、そして第二転写後に配線が施されるが、先に形成した電極パッドなどを利用して接続不良を極力抑えながらの配線がなされる。  
10 したがって、画像表示装置の歩留まりを向上させることができる。また、この実施形態の二段階拡大転写法においては、素子間の距離を離間する工程が 2 工程であり、このような素子間の距離を離間する複数工程の拡大転写を行うことで、実際は転写回数が減ることになる。すなわち、例えば、ここで第一基板 9 0、9 0 a から一時保持用部材 9 1、9 1 a で  
15 の離間したピッチの拡大率を 2 ( $n=2$ ) とし、一時保持用部材 9 1、9 1 a から第二基板 9 5 での離間したピッチの拡大率を 2 ( $m=2$ ) とすると、仮に一度の転写で拡大した範囲に転写しようとしたときでは、最終拡大率が  $2 \times 2$  の 4 倍で、その二乗の 16 回の転写すなわち第一基板のアライメントを 16 回行う必要が生ずるが、この実施形態の二段階  
20 拡大転写法では、アライメントの回数は第一転写工程での拡大率 2 の二乗の 4 回と第二転写工程での拡大率 2 の二乗の 4 回を単純に加えただけの計 8 回で済むことになる。即ち、同じ転写倍率を意図する場合においては、 $(n+m)^2 = n^2 + 2nm + m^2$  であることから、必ず  $2nm$  回だけ転写回数を減らすことができることになる。したがって、製造工程も  
25 回数分だけ時間や経費の節約となり、特に拡大率の大きい場合に有益となる。

なお、第 1 3 図、第 1 4 図に示した二段階拡大転写法においては、素子 9 2 を例えば発光素子や液晶制御素子としているが、これに限定されず、他の素子例えば光電変換素子、圧電素子、薄膜トランジスタ素子、薄膜ダイオード素子、抵抗素子、スイッチング素子、微小磁気素子、微小光学素子から選ばれた素子もしくはその部分、これらの組み合わせなどであっても良い。

[間引き転写の他の例]

第 1 5 図は第 1 4 図 A と第 1 4 図 B とで示した間引き転写の他の一例を示す図である。間引き転写は転写元の基板と転写先の基板（部材）を対峙させて選択的に素子を転写することで行われるが、転写先の基板（部材）を大きなサイズとすることで、転写元の基板上にある素子の全部を転写先の基板（部材）に移動させることが可能である。

第 1 5 図は第一転写工程での拡大率 3 の場合の例を示しており、第一基板 9 0 c を単位とすると一時保持用部材 9 1 c は 3 の二乗の 9 倍の面積を有する。このため転写元の基板である第一基板 9 0 c 上にある素子 9 2 の全部を転写するために、全部で 9 回の転写が行われる。第一基板 9 0 c 上にマトリクス状に配される素子 9 2 を  $3 \times 3$  のマトリクス単位毎に分けて、その中の 1 つの素子 9 2 が一時保持用部材 9 1 c に順次転写されて最終的に全体の素子 9 2 が転写される。

第 1 5 図の (a) は第一基板 9 0 c 上の素子 9 2 の中  $3 \times 3$  のマトリクス単位ごとで第 1 番目の素子 9 2 が一時保持用部材 9 1 c に転写されるところを模式的に示しており、第 1 5 図 B は  $3 \times 3$  のマトリクス単位ごとで第 2 番目の素子 9 2 が一時保持用部材 9 1 c に転写されるところを模式的に示している。第 2 番目の転写では、第一基板 9 0 c の一時保持用部材 9 1 c に対するアライメント位置が図中垂直方向にずれており、同様の間引き転写を繰り返すことで、素子 9 2 を離間させて配置するこ

とができる。また第 15 図 C は  $3 \times 3$  のマトリクス単位ごとで第 8 番目の素子 9 2 が一時保持用部材 9 1 c に転写されるところを模式的に示しており、第 15 図 D は  $3 \times 3$  のマトリクス単位ごとで第 9 番目の素子 9 2 が一時保持用部材 9 1 c に転写されるところを模式的に示している。

- 5 この  $3 \times 3$  のマトリクス単位ごとで第 9 番目の素子 9 2 が転写された時点で、第一基板 9 0 c には素子 9 2 がなくなり、一時保持用部材 9 1 c にはマトリクス状に複数の素子 9 2 が離間された形式で保持されることになる。以降、第 13 図 C、第 13 図 D、第 14 図 C、第 14 図 D の工程により、二段階拡大転写が実行される。

#### 10 [樹脂形成チップ]

- 次に、第 16 図および第 17 図を参照して、一時保持用部材上で形成され、第二基板に転写される樹脂形成チップについて説明する。樹脂形成チップ 1 0 0 は、離間して配置されている素子 1 0 1 の周りを樹脂 1 0 2 で固めたものであり、このような樹脂形成チップ 1 0 0 は、一時保持用部材から第二基板に素子 1 0 1 を転写する場合に使用できるものである。

- 素子 1 0 1 は後述するような発光素子の例であるが、特に発光素子に限らず他の素子であっても良い。樹脂形成チップ 1 0 0 は略平板上でその主たる面が略正形状とされる。この樹脂形成チップ 1 0 0 の形状は
- 20 樹脂 1 0 2 を固めて形成された形状であり、具体的には未硬化の樹脂を、各素子 1 0 1 を含むように全面に塗布し、これを硬化した後で縁の部分をダイシングなどで切断することで得られる形状である。略平板状の樹脂 2 2 の表面側と裏面側にはそれぞれ電極パッド 1 0 3、1 0 4 が形成される。これら電極パッド 1 0 3、1 0 4 の形成は全面に電極パッド 1
- 25 0 3、1 0 4 の材料となる金属層や多結晶シリコン層などの導電層を形成し、フォトリソグラフィ技術により所要の電極形状にパターンニン

グすることで形成される。これら電極パッド103、104は発光素子である素子101のp電極とn電極にそれぞれ接続するように形成されており、必要な場合には樹脂102にビアホールなどが形成される。

ここで電極パッド103、104は樹脂形成チップ100の表面側と裏面側にそれぞれ形成されているが、一方の面に両方の電極パッドを形成することも可能であり、例えば薄膜トランジスタの場合ではソース、ゲート、ドレインの3つの電極があるため、電極パッドを3つあるいはそれ以上形成しても良い。電極パッド103、104の位置が平板上ずれているのは、最終的な配線形成時に上側からコンタクトをとつても重ならないようにするためである。電極パッド103、104の形状も正方形に限定されず他の形状としても良い。

このような樹脂形成チップ100を構成することで、素子101の周りが樹脂102で被覆され平坦化によって精度良く電極パッド103、104を形成できるとともに素子101に比べて広い領域に電極パッド103、104を延在でき、次の第二転写工程での転写を吸着治具で進める場合には取り扱いが容易になる。後述するように、最終的な配線が続く第二転写工程の後に行われるため、比較的大き目のサイズの電極パッド103、104を利用した配線を行うことで、配線不良が未然に防止される。

## 20 [発光素子]

第18図にこの実施形態で使用される素子の一例としての発光素子の構造を示す。第18図Aが素子断面図であり、第18図Bが平面図である。この発光素子はGaN系の発光ダイオードであり、たとえばサファイア基板上に結晶成長される素子である。このようなGaN系の発光ダイオードでは、基板を透過するレーザ照射によってレーザーアブレーションが生じ、GaNの窒素が気化する現象にともなってサファイア基板

とGa<sub>2</sub>N系の成長層の間の界面で膜剥がれが生じ、素子分離を容易なものにできる特徴を有している。

まず、その構造については、Ga<sub>2</sub>N系半導体層からなる下地成長層111上に選択成長された六角錐形状のGa<sub>2</sub>N層112が形成されている。

5    なお、下地成長層111上には図示しない絶縁膜が存在し、六角錐形状のGa<sub>2</sub>N層112はその絶縁膜を開口した部分にMOCVD法などによって形成される。このGa<sub>2</sub>N層112は、成長時に使用されるサファイア基板の主面をC面とした場合にS面（1-101面）で覆われたピラミッド型の成長層であり、シリコンをドーピングさせた領域である。このGa<sub>2</sub>N層112の傾斜したS面の部分はダブルヘテロ構造のクラッドとして機能する。Ga<sub>2</sub>N層112の傾斜したS面を覆うように活性層であるInGa<sub>2</sub>N層113が形成されており、その外側にマグネシウムドーピングのGa<sub>2</sub>N層114が形成される。このマグネシウムドーピングのGa<sub>2</sub>N層114もクラッドとして機能する。

15    このような発光ダイオードには、p電極115とn電極116が形成されている。p電極115はマグネシウムドーピングのGa<sub>2</sub>N層114上に形成されるNi/Pt/AuまたはNi(Pd)/Pt/Auなどの金属材料を蒸着して形成される。n電極116は前述の図示しない絶縁膜を開口した部分でTi/Al/Pt/Auなどの金属材料を蒸着して形成される。なお、第20図に示すように下地成長層111の裏面側からn電極取り出しを行う場合は、n電極116の形成は下地成長層111の表面側には不要となる。

25    このような構造のGa<sub>2</sub>N系の発光ダイオードは、青色発光も可能な素子であって、特にレーザーアブレーションによって比較的簡単にサファイア基板から剥離することができ、レーザービームを選択的に照射することで選択的な剥離が実現される。なお、Ga<sub>2</sub>N系の発光ダイオードとし



ては、平板上や帯状に活性層が形成される構造であっても良く、上端部にC面が形成された角錐構造のものであっても良い。また、他の窒化物系発光素子や化合物半導体素子などであっても良い。

〔発光素子の配列方法〕

- 5 次、第19図から第21図までを参照しながら、発光素子の配列方法について説明する。発光素子は第18図に示したGaN系の発光ダイオードを用いている。

10 先ず、第19図に示すように、第一基板121の主面上には複数の発光ダイオード122がマトリクス状に形成されている。発光ダイオード122の大きさは約20 $\mu$ m程度とすることができる。第一基板121の構成材料としてはサファイア基板などのように光ダイオード122に照射するレーザの波長の透過率の高い材料が用いられる。発光ダイオード122にはp電極などまでは形成されているが最終的な配線は未だな  
15 ダイオード122は分離できる状態にある。この溝122gの形成は例えば反応性イオンエッチングで行う。このような第一基板121を第19図に示すように一時保持用部材123に対峙させて選択的な転写を行う。

20 一時保持用部材123の第一基板121に対峙する面には剥離層124と接着剤層125が2層になって形成されている。ここで一時保持用部材121の例としては、ガラス基板、石英ガラス基板、プラスチック基板などを用いることができ、一時保持用部材121上の剥離層124の例としては、フッ素コート、シリコーン樹脂、水溶性接着剤（例えばPVA）、ポリイミドなどを用いることができる。また一時保持用部材  
25 123の接着剤層125としては紫外線（UV）硬化型接着剤、熱硬化性接着剤、熱可塑性接着剤のいずれかからなる層を用いることができる。

一例としては、一時保持用部材 1 2 3 として石英ガラス基板を用い、剥離層 1 2 4 としてポリイミド膜  $4\ \mu\text{m}$  を形成後、接着剤層 1 2 5 としての UV 硬化型接着剤を約  $20\ \mu\text{m}$  厚で塗布する。

一時保持用部材 1 2 3 の接着剤層 1 2 5 は、硬化した領域 1 2 5 s と  
5 未硬化領域 1 2 5 y が混在するように調整され、未硬化領域 1 2 5 y に  
選択転写にかかる発光ダイオード 1 2 2 が位置するように位置合わせさ  
れる。硬化した領域 1 2 5 s と未硬化領域 1 2 5 y が混在するような調  
整は、例えば UV 硬化型接着剤を露光機にて選択的に  $200\ \mu\text{m}$  ピッチ  
で UV 露光し、発光ダイオード 1 2 2 を転写するところは未硬化でそれ  
10 以外は硬化させてある状態にすれば良い。このようなアライメントの後、  
その位置の発光ダイオード 1 2 2 をレーザにて第一基板 1 2 1 の裏面か  
ら照射して発光ダイオード 1 2 2 を第一基板 1 2 1 からレーザーアブレ  
ーションを利用して剥離する。Ga N 系の発光ダイオード 1 2 2 はサフ  
ァイアとの界面で金属の Ga と窒素に分解することから、比較的簡単に  
15 剥離できる。照射するレーザとしてはエキシマレーザ、高調波 YAG レ  
ーザなどが用いられる。

このレーザーアブレーションを利用した剥離によって、選択照射につ  
かる発光ダイオード 1 2 2 は Ga N 層と第一基板 1 2 1 の界面で分離し、  
反対側の接着剤層 1 2 5 の未硬化領域 1 2 5 y に発光ダイオード 1 2 2  
20 の p 電極部分を突き刺すようにして転写される。他のレーザが照射され  
ない領域の発光ダイオード 1 2 2 については、対応する接着剤層 1 2 5  
の部分が硬化した領域 1 2 5 s であり、レーザも照射されていないため  
に 一時保持用部材 1 2 3 側に転写されることはない。なお、第 19 図  
では 1 つの発光ダイオード 1 2 2 だけが選択的にレーザ照射されている  
25 が、n ピッチ分だけ離間した領域においても同様に発光ダイオード 1 2  
2 はレーザ照射されているものとする。このような選択的な転写によっ

ては発光ダイオード 1 2 2 第一基板 1 2 1 上に配列されている時よりも  
離間して一時保持用部材 1 2 3 上に配列される。

次に、選択的な発光ダイオード 1 2 2 の第一基板 1 2 1 から一時保持  
用部材 1 2 3 への転写を行ったところで、第 2 0 図に示すように未硬化  
5 領域 1 2 5 y の接着剤層 1 2 5 を硬化させて発光ダイオード 1 2 2 を固  
着させる。この硬化は熱や光などのエネルギーを加えることで可能であ  
る。発光ダイオード 1 2 2 は一時保持用部材 1 2 3 の接着剤層 1 2 5 に  
保持された状態で、発光ダイオード 1 2 2 の裏面が n 電極側（カソード  
電極側）になっていて、発光ダイオード 1 2 2 の裏面には樹脂（接着  
10 剤）がないように除去、洗浄されているため、電極パッド 1 2 6 を形成  
した場合は、電極パッド 1 2 6 は発光ダイオード 1 2 2 の裏面と電気  
的に接続される。

接着剤層 1 2 5 の洗浄の例としては酸素プラズマで接着剤用樹脂をエ  
ッチング、UV オゾン照射にて洗浄する。かつ、レーザにて G a N 系発  
15 光ダイオードをサファイア基板からなる第一基板 1 2 1 から剥離したと  
きには、その剥離面に G a が析出しているため、その G a をエッチング  
することが必要であり、N a O H 水溶液もしくは希硝酸で行うことにな  
る。その後、電極パッド 1 2 6 をパターニングする。このときのカソー  
ド側の電極パッドは約 6 0  $\mu$  m 角とすることができる。電極パッド 1 2  
20 6 としては透明電極（I T O、Z n O 系など）もしくは T i / A l / P  
t / A u などの材料を用いる。透明電極の場合は発光ダイオードの裏面  
を大きく覆っても発光をさえぎることがないので、パターニング精度が  
粗く、大きな電極形成ができ、パターニングプロセスが容易になる。

第 2 1 図は一時保持用部材 1 2 3 から発光ダイオード 1 2 2 を第 2 の  
25 一時保持用部材 1 2 7 に転写して、アノード電極（p 電極）側のピアホ  
ール 1 3 0 を形成した後、アノード側電極パッド 1 2 9 を形成し、樹脂

からなる接着剤層 1 2 5 をダイシングした状態を示している。このダイ  
シングの結果、素子分離溝 1 3 1 が形成され、発光ダイオード 1 2 2 は  
素子ごとに区分けされたものになる。素子分離溝 1 3 1 はマトリクス状  
の各発光ダイオード 1 2 2 を分離するため、平面パターンとしては縦横  
5 に延長された複数の平行線からなる。素子分離溝 1 3 1 の底部では第 2  
の一時保持用部材 1 2 7 の表面が臨む。第 2 の一時保持用部材 1 2 7 上  
には剥離層 1 2 8 が形成される。この剥離層 1 2 8 は例えばフッ素コー  
ト、シリコーン樹脂、水溶性接着剤（例えば P V A）、ポリイミドなど  
を用いて作成することができる。第 2 の一時保持用部材 1 2 7 は、一例  
10 としてプラスチック基板に UV 粘着材が塗布してある、いわゆるダイシ  
ングシートであり、UV が照射されると粘着力が低下するものを利用で  
きる。一時保持部材 1 2 7 の裏面からエキシマレーザを照射する。これ  
により、例えば剥離層 1 2 4 としてポリイミドを形成した場合は、ポ  
リイミドと石英基板の界面でポリイミドのアブレーションにより剥離が  
15 発生して、各発光ダイオード 1 2 2 は第 2 の一時保持部材 1 2 7 側に転  
写される。

このプロセスの例として、第 2 の一時保持用部材 1 2 7 の表面を酸素  
プラズマで発光ダイオード 1 2 2 の表面が露出してくるまでエッチング  
する。まずビアホール 1 3 0 の形成はエキシマレーザ、高調波 Y A G レ  
20 ーザ、炭酸ガスレーザを用いることができる。このとき、ビアホールは  
約 3 ~ 7  $\mu$  m の径を開けることになる。アノード側電極パッドは N i /  
P t / A u など形成する。ダイシングプロセスは通常のブレードを用  
いたダイシング、2 0  $\mu$  m 以下の幅の狭い切り込みが必要なときには上  
記レーザを用いたレーザによる加工を行う。その切り込み幅は画像表示  
25 装置の画素内の樹脂からなる接着剤層 1 2 5 で覆われた発光ダイオード  
1 2 2 の大きさに依存する。一例として、エキシマレーザにて幅約 4 0

$\mu\text{m}$ の溝加工を行い、チップの形状を形成する。

次に、機械的手段を用いて発光ダイオード122が第2の一時保持用部材127から剥離される。第22図は、第2の一時保持用部材127上に配列している発光ダイオード122を吸着装置133でピックアップするところを示した図である。このときの吸着孔135は画像表示装置の画素ピッチにマトリクス状に開口していて、発光ダイオード122を多数個、一括で吸着できるようになっている。このときの開口径は、例えば約 $\phi 100\mu\text{m}$ で $600\mu\text{m}$ ピッチのマトリクス状に開口されて、一括で約300個を吸着できる。このときの吸着孔135の部材は例えば、Ni電鍍により作製したもの、もしくはSUSなどの金属板132をエッチングで穴加工したものが使用され、金属板132の吸着孔135の奥には、吸着チャンバ134が形成されており、この吸着チャンバ134を負圧に制御することで発光ダイオード122の吸着が可能になる。発光ダイオード122はこの段階で樹脂からなる接着剤層125で覆われており、その上面は略平坦化されており、このために吸着装置133による選択的な吸着を容易に進めることができる。

第23図は発光ダイオード122を第二基板140に転写するところを示した図である。第二基板140に装着する際に第二基板140にあらかじめ接着剤層136が塗布されており、その発光ダイオード122下面の接着剤層136を硬化させ、発光ダイオード122を第二基板140に固着して配列させることができる。この装着時には、吸着装置133の吸着チャンバ134が圧力の高い状態となり、吸着装置133と発光ダイオード122との吸着による結合状態は解放される。接着剤層136はUV硬化型接着剤、熱硬化性接着剤、熱可塑性接着剤などによって構成することができる。発光ダイオード122が配置される位置は、一時保持用部材123、127上での配列よりも離間したものとなる。

そのとき接着剤層 1 3 6 の樹脂を硬化させるエネルギーは第二基板 1 4 0 の裏面から供給される。UV 硬化型接着剤の場合は UV 照射装置にて、熱硬化性接着剤の場合はレーザにて発光ダイオード 1 2 2 の下面のみ硬化させ、熱可塑性接着剤場合は、同様にレーザ照射にて接着剤を溶融させ接着を行う。

また、第二基板 1 4 0 上にシャドウマスクとしても機能する電極層 1 3 7 を配設し、特に電極層 1 3 7 の画面側の表面すなわち当該画像表示装置を見る人がいる側の面に黒クロム層 1 3 8 を形成する。このようにすることで画像のコントラストを向上させることができるとともに、黒クロム層 1 3 8 でのエネルギー吸収率を高くして、選択的に照射されるビーム 1 5 3 によって接着剤層 1 3 6 が早く硬化するようにすることができる。この転写時の UV 照射としては、UV 硬化型接着剤の場合は約  $1000 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  を照射する。

第 2 4 図は RGB の 3 色の発光ダイオード 1 2 2、1 4 1、1 4 2 を第二基板 1 4 0 に配列させ絶縁層 1 3 9 を塗布した状態を示す図である。第 2 2 図および第 2 3 図で用いた吸着装置 1 3 3 をそのまま使用して、第二基板 1 4 0 にマウントする位置をその色の位置にずらすだけでマウントすると、画素としてのピッチは一定のまま 3 色からなる画素を形成できる。絶縁層 1 3 9 としては透明エポキシ接着剤、UV 硬化型接着剤、ポリイミドなどを用いることができる。3 色の発光ダイオード 1 2 2、1 4 1、1 4 2 は必ずしも同じ形状でなくても良い。第 2 4 図では赤色の発光ダイオード 1 4 1 が六角錐の GaN 層を有しない構造とされ、他の発光ダイオード 1 2 2、1 4 2 とその形状が異なっているが、この段階では各発光ダイオード 1 2 2、1 4 1、1 4 2 は既に樹脂形成チップとして樹脂からなる接着剤層 1 2 5 で覆われており、素子構造の違いにもかかわらず同一の取り扱いが実現される。

第25図は配線形成工程を示す図である。絶縁層139に開口部145、146、147、148、149、150を形成し、発光ダイオード122、141、142のアノード、カソードの電極パッドと第二基板140の配線用の電極層137を接続する配線143、144、151を形成した図である。このときに形成する開口部すなわちビアホールは発光ダイオード122、141、142の電極パッド126、129の面積を大きくしているのでビアホール形状は大きく、ビアホールの位置精度も各発光ダイオードに直接形成するビアホールに比べて粗い精度で形成できる。このときのビアホールは約60 $\mu$ m角の電極パッド126、129に対し、約 $\phi$ 20 $\mu$ mのものを形成できる。また、ビアホールの深さは配線基板と接続するもの、アノード電極と接続するもの、カソード電極と接続するものの3種類の深さがあるのでレーザのパルス数で制御し、最適な深さを開口する。その後、保護層を配線上に形成し、画像表示装置のパネルは完成する。このときの保護層は第25図の絶縁層139と透明エポキシ接着剤などの同様の材料が使用できる。この保護層は加熱硬化し配線を完全に覆う。この後、パネル端部の配線からドライバICを接続して駆動パネルを製作することになる。

上述のような発光素子の配列方法においては、一時保持用部材123に発光ダイオード122を保持させた時点で既に、素子間の距離が大きくされ、その広がった間隔を利用して比較的サイズの電極パッド126、129などを設けることが可能となる。それら比較的サイズの大きな電極パッド126、129を利用した配線が行われるために、素子サイズに比較して最終的な装置のサイズが著しく大きな場合であっても容易に配線を形成できる。また、この実施形態の発光素子の配列方法では、発光素子の周囲が硬化した接着剤層125で被覆され平坦化によって精度良く電極パッド126、129を形成できるとともに素子に比べて広い

領域に電極パッド 1 2 6, 1 2 9 を延在でき、次の第二転写工程での転写を吸着治具で進める場合には取り扱いが容易になる。また、発光ダイオード 1 2 2 の一時保持用部材 1 2 3 への転写には、G a N 系材料がサファイアとの界面で金属の G a と窒素に分解することを利用して、比較

5 的簡単に剥離できる。

[液晶制御素子の配列方法]

次に、第 2 6 図から第 3 1 図までを参照しながら、液晶制御素子の配列方法について説明する。液晶制御素子とは、この実施形態において具体的には、最終製品として液晶パネルを形成した際に液晶の配向状態を

10 制御する薄膜トランジスタである。

先ず第 2 6 図に示すように、石英ガラス基板などの第一基板 1 6 1 上にアモルファスシリコン膜 1 6 2 が形成される。このアモルファスシリコン膜 1 6 2 は後の工程で犠牲となる剥離膜である。このアモルファスシリコン膜 1 6 2 上には下地絶縁膜としてシリコン酸化膜 1 6 3 が形成

15 され、その上に薄膜トランジスタ 1 6 4 がマトリクス状に密に形成される。薄膜トランジスタ 1 6 4 はポリシリコン膜上にゲート酸化膜、ゲート電極を形成して、ポリシリコン膜にソース・ドレイン領域を形成したものである。これら薄膜トランジスタ 1 6 4 は素子分離されており、例えば反応性イオンエッチングなどの方法によって素子分離用の溝がアモ

20 ルファスシリコン膜 1 6 2 の一部を露出する程度に形成される。

次に第 2 7 図に示すように、このような第一基板 1 6 1 を一時保持用部材 1 6 5 に対峙させて選択的な転写を行う。一時保持用部材 1 6 5 の第一基板 1 6 1 に対峙する面には剥離層 1 6 6 と接着剤層 1 6 7 が 2 層になって形成されている。ここで一時保持用部材 1 6 5 の例としては、

25 ガラス基板、石英ガラス基板、プラスチック基板などを用いることができ、一時保持用部材 1 6 5 上の剥離層 1 6 6 の例としては、フッ素コー



ト、シリコーン樹脂、水溶性接着剤（例えばPVA）、ポリイミドなどを用いることができる。また一時保持用部材165の接着剤層167としては紫外線（UV）硬化型接着剤、熱硬化性接着剤、熱可塑性接着剤のいずれかからなる層を用いることができる。

- 5 一時保持用部材165の接着剤層167は、硬化した領域167sと未硬化領域167yが混在するように調整され、未硬化領域167yに選択転写にかかる薄膜トランジスタ164が位置するように位置合わせされる。硬化した領域167sと未硬化領域167yが混在するような調整は、例えばUV硬化型接着剤を露光機にて選択的に露光し、薄膜トランジスタ164を転写するところは未硬化でそれ以外は硬化させてある状態にすれば良い。このようなアライメントの後、その位置の薄膜トランジスタ164をレーザにて第一基板161の裏面から照射して薄膜トランジスタ164を第一基板161からレーザーアブレーションを利用して剥離する。照射するレーザとしてはエキシマレーザ、高調波YAGレーザなどが用いられる。
- 10
- 15

- このレーザーアブレーションを利用した剥離によって、選択照射にかかる薄膜トランジスタ164は反対側の接着剤層167の未硬化領域167yに転写される。他のレーザが照射されない領域の薄膜トランジスタ164については、対応する接着剤層167の部分が硬化した領域167sであり、レーザも照射されていないために一時保持用部材165側に転写されることはない。なお、第27図では1つの薄膜トランジスタ164だけが選択的にレーザ照射されているが、nピッチ分だけ離間した領域においても同様に薄膜トランジスタ164はレーザ照射されて転写されているものとする。このような選択的な転写によって薄膜トランジスタ164は第一基板161上に配列されている時よりも離間して一時保持用部材165上に配列される。
- 20
- 25

次に、選択的な薄膜トランジスタ 1 6 4 の第一基板 1 6 1 から一時保持用部材 1 6 5 への転写を行ったところで、第 2 8 図に示すように未硬化領域 1 6 7 y の接着剤層 1 6 7 を硬化させてを固着させる。この硬化は熱や光などのエネルギーを加えることで可能である。薄膜トランジスタ 1 6 4 は一時保持用部材 1 6 5 の接着剤層 1 6 7 に保持された状態で、  
5 確実に保持される。

第 2 9 図に示すように、次に一時保持用部材 1 6 5 から第 2 の一時保持用部材 1 6 8 に薄膜トランジスタ 1 6 4 を転写する。第 2 の一時保持用部材 1 6 8 は薄膜トランジスタ 1 6 4 の薄膜半導体層側を第二基板上に載せるために使用され、特に薄膜トランジスタ 1 6 4 の表裏が問題とならない場合には、第 2 の一時保持用部材 1 6 8 は使用しなくとも良い。  
10 一時保持用部材 1 6 5 から第 2 の一時保持用部材 1 6 8 に転写される場合には、個々の薄膜トランジスタ 1 6 4 で分離できるように、分離溝 1 6 7 g が形成される。分離溝 1 6 7 g の底部は剥離層 1 6 6 まで至っている。または、分離溝 1 6 7 g は剥離層 1 6 6 も分離する。  
15

この剥離層 1 6 6 で剥離させることで、一時保持用部材 1 6 5 から第 2 の一時保持用部材 1 6 8 に薄膜トランジスタ 1 6 4 を転写し（第 3 0 図）、続いて、図示しない吸着手段によって第二基板上に離間しながら転写する（第二転写工程）。この工程は前述の発光素子の配列方法における第 2 2 図によって示す工程と同様である。  
20

最後に、第 3 1 図に示すように、ガラス基板や透明プラスチック基板などの第二基板 1 7 6 上に、薄膜トランジスタ 1 6 4 を離間して形成し、ゲート電極線とソース電極、ドレイン電極を形成して、薄膜トランジスタ 1 6 4 のソース、ドレインと接続する。その上に透明電極膜 1 7 2、  
25 配向膜 1 7 3 を形成し、反対側には対向基板 1 6 9 とその表面に透明電極膜 1 7 5、配向膜 1 7 4 を形成したものを対峙させ、液晶を封入して

液晶パネルを作成する。第二基板 1 7 6 上の薄膜トランジスタ 1 6 4 は液晶の制御素子として機能する。第二基板 1 7 6 上で薄膜トランジスタ 1 6 4 は二段階の拡大転写によって十分に離間されており、第一転写工程と第二転写工程のそれぞれで離間した転写が行われる。この実施形態  
5 の二段階拡大転写法では、同じ転写倍率を意図する場合においては、第一転写工程と第二転写工程の拡大率を  $n$  倍、 $m$  倍とすると、1 回でそれだけ拡大する場合に比べて、 $(n + m)^2 = n^2 + 2nm + m^2$  であることから、必ず  $2nm$  回だけ転写回数を減らすことができることになる。したがって、製造工程も回数分だけ時間や経費の節約となり、特に拡大率  
10 の大きい場合に有益となる。

ところで、発光ダイオードなどの発光素子をマトリクス状に配列して素子を構成した画像表示装置を製造する場合、配線用基板上に個々の発光素子を実装して製造する装置がいくつか知られている。

第 3 2 図は発光ダイオードの実装形態として、特許第 2 8 9 5 5 6 6  
15 号の明細書および図面に開示される発光ダイオードである。この素子は同一面側に正負一对の電極部を有するいわゆるフリップチップ方式の発光ダイオードの例であり、リードフレーム 2 0 0 は間隔を隔てて並列に配設された正負一对の電極を形成するリード部材 2 0 1、2 0 6 により構成されている。両リード部材 2 0 1、2 0 6 にはそれらの先端部 2 0  
20 2、2 0 7 に発光チップ 1 9 0 を載置する平坦部 2 0 3、2 0 8 が形成されている。また、平坦部 2 0 3、2 0 8 に続く側周面にはそれら平坦部 2 0 3、2 0 8 から外側に傾斜して反射部 2 0 4、2 0 9 が一体的に形成されている。GaN 青色発光チップである発光チップ 1 9 0 の各電極部分ははんだバンプ 2 0 5 を介して負極となるリード部材 2 0 1 およ  
25 び正極となるリード部材 2 0 6 にそれぞれ接合されている。

第 3 3 図は特開平 9 - 2 9 3 9 0 4 号公報において説明されるチップ

タイプLED（発光ダイオード）の例を示す。これは導電層を形成した絶縁性のセラミックス支持部材211の上にLED素子213を載置し、LED素子213の電極214と電極端子212をワイヤー215でワイヤーボンディングし、キャビティー内に封止樹脂216を満たして固

5 化した構造を有する。

第34図は同じく特開平9-293904号公報に開示されるチップタイプLEDの例である。セラミックスの支持部材221に一对の電極端子222が形成されており、LED素子223の表面の一对の電極224は導電性のろう材225によりフリップチップ接続されている。LED素子223はセラミックス支持部材と強固に接着させるためにLED素子と支持体の隙間に封止樹脂226が注入されている。

10

しかしながら、このような発光ダイオードをマトリクス状に配列して画像表示装置を製造する場合、発光ダイオードを個別にパッケージに収納してから、平面型画像表示装置などへの組み立てのためにアレイ状に複数の発光ダイオードを並べて実装する必要があるが生じている。LEDチップはウエハの状態から個々のチップ毎にダイシングされ、それぞれパッケージに封止されるために、1個のLEDチップはベアチップの状態

15 サブミリ角の大きさであり、パッケージに収納した状態では数ミリ程度のサイズがある。その結果、一画素の大きさも大きくなって解像度が低下してしまい、高精細で小型の画像表示装置は容易には組み立てられないものとされていた。また、発光ダイオードがGaN系の窒化物半導体である場合、通常サファイア基板上に発光ダイオードを形成するため、パッケージはサファイア基板の厚みよりも厚い厚みになっていた。

20

そこで、高精細な画像表示を可能とし、しかも短時間で製造できかつ製造プロセス上のコストも削減可能である発光素子の実装方法について説明する。

25

例 1

第 3 5 図は、発光素子の実装方法を工夫した画像表示装置の一例を示す要部断面図である。本例の画像表示装置は、第 3 5 図に示すようにフルカラー対応のカラー画像表示装置 2 3 1 であり、個々の発光素子として赤、緑、青のそれぞれの発光が可能な発光ダイオードをマトリクス状に配列したものである。

本例の画像表示装置 2 3 1 においては、ガラス基板もしくはプラスチック基板からなる配線用基板 2 4 0 の基板主面 2 4 1 には、あらかじめ所要の配線パターンを有して形成された配線層 2 4 7、2 4 8 が形成されている。ここで配線層 2 4 8 は p 電極に信号を供給するための配線であり、配線層 2 4 7 は n 電極に信号を供給するための配線である。これら配線層 2 4 7、2 4 8 の一方は共通化することもできる。

配線層 2 4 8 上には、結晶成長時の状態とは倒置して配設された結晶成長層 2 4 3 が p 電極 2 4 4 を介して配されている。結晶成長層 2 4 3 は後述するように、選択成長によってマスク層の窓部を介し、倒置されて上側に位置してなる下地成長層 2 4 5 から成長した層である。この結晶成長層 2 4 3 はウルツ鉱型の結晶構造を有する窒化物半導体材料であるシリコンドープの GaN 層を材料とし、その傾斜した側面が S 面（1-101 面）で覆われた六角錐形状を呈する。また、第 3 5 図は断面図であるため、結晶成長層 2 4 3 の断面は倒置した略正三角形形状となる。

この結晶成長層 2 4 3 には活性層を n 型半導体層と p 型半導体層で挟んだ発光領域が形成される。活性層は倒置した六角錐形状の最外郭近くに形成される。本例では、隣接する発光素子の活性層のバンドギャップエネルギーは異なっていて、それぞれ赤色、緑色、青色のいずれかの発光色に対応したものとなっているが、その他の構造や寸法はほぼ同一である。

六角錐形状の結晶成長層 2 4 3 は結晶成長時の向きと比べて基板主面の法線方向において上下逆となるように配線用基板 2 4 0 上に実装される。したがって、六角錐形状の底面がちょうど上面となり、上面が光の取り出し側となる。詳しくは、六角錐形状の結晶成長層 2 4 3 は結晶成長時に用いられる図示しないマスク層の窓部を介して下地成長層 2 4 5 とつながっており、そのマスク層の窓部がそのまま光の取り出し口となる。

下地成長層 2 4 5 は選択成長の種層として機能するが、マスク層の窓部を介して結晶成長層 2 4 3 とも接続して下地成長層 2 4 5 の平坦な上面は光取り出し面 2 5 0 としても利用される。さらに下地成長層 2 4 5 は n 電極側の配線の一部としても機能し金属層からなる n 電極 2 4 9 と結晶成長層 2 4 3 の間の電流経路となる。n 電極 2 4 9 は発光素子の倒置によって下地成長層 2 4 5 の下部に位置するが、結晶成長層 2 4 3 が n 電極 2 4 9 よりは大きく成長した層であることから、n 電極 2 4 9 の下部のバンプ 2 4 6 を形成して、結晶成長層 2 4 3 と高さを合わせるようにしている。バンプ 2 4 6 はメッキ工程などを利用して形成される接続部であり、電解もしくは無電解により Cu、Ni などのバンプを約 10  $\mu$ m の高さで形成したものであり、その表面は酸化防止のために約 0.1  $\mu$ m の Au メッキが施されている。バンプ 2 4 6 の下部は実装時に基板主面 2 4 1 上に配設された配線層 2 4 7 に接続する。

バンプ 2 4 6 の周囲や配線層 2 4 7、2 4 8 の周囲、さらには結晶成長層 2 4 3 の周囲には素子の機能の上では空隙部が形成されるが、その空隙部は本例の画像表示装置では熱硬化接着剤や紫外線硬化型接着剤などの接着剤からなる接着剤層 2 4 2 で充填される。

第 3 6 図は、本例の画像表示装置に実装される個々の発光ダイオードを示す図であり、第 3 6 図 A が素子の断面図であり、第 3 6 図 B が素子

の上面図である。第 3 5 図に示した画像表示装置では複数の配列される発光ダイオードがそれぞれ倒置されて実装されるため、第 3 6 図のものは基板主面の法線方向において上下逆となる。

ここで第 3 6 図に示す発光ダイオードについて説明すると、配線用基板 2 4 0 とは異なる例えばサファイア基板などの成長用基板を用い、好ましくは下地成長層 2 4 5 上に六角錐形状または六角台形状の結晶成長層 2 4 3 を形成するのに選択成長法が用いられる。結晶成長層 2 4 3 を選択成長によって形成する場合、容易に結晶成長層 2 4 3 は基板主面に対して傾斜した例えば S 面などの傾斜結晶面を有した構造を呈する。

10 特に S 面は C + 面の上に選択成長した際に見られる安定面であり、比較的得やすい面であって六方晶系の面指数では  $(1, -1, 0, 1)$  面である。この S 面について、窒化ガリウム系化合物半導体で結晶層を構成した場合には、S 面でのボンド数は最も多いものとなる。したがって、実効的に V/I I I 比が上昇することになり、積層構造の結晶性の向上

15 に有利である。また、基板と異なる方位に成長すると基板から上に伸びた転位が曲がることもあり、欠陥の低減にも有利となる。

ここで結晶成長層 2 4 3 は、第 1 導電型層、活性層 2 5 1、および第 2 導電型層 2 5 2 からなる発光領域を形成可能な材料層であれば良く、特に限定されるものではないが、その中でもウルツ鉱型の結晶構造を有

20 することが好ましい。このような結晶層としては、例えば I I I 族系化合物半導体や B e M g Z n C d S 系化合物半導体、B e M g Z n C d O 系化合物半導体を用いることができ、更には窒化ガリウム (G a N) 系化合物半導体、窒化アルミニウム (A l N) 系化合物半導体、窒化インジウム (I n N) 系化合物半導体、窒化インジウムガリウム (I n G a

25 N) 系化合物半導体、窒化アルミニウムガリウム (A l G a N) 系化合物半導体を好ましくは形成することができ、特に窒化ガリウム系化合物

半導体などの窒化物半導体が好ましい。なお、この発明において、InGa<sub>2</sub>N、AlGa<sub>2</sub>N、Ga<sub>2</sub>Nなどは必ずしも、3元混晶のみ、2元混晶のみの窒化物半導体を指すのではなく、例えばInGa<sub>2</sub>Nでは、InGa<sub>2</sub>Nの作用を変化させない範囲での微量のAl、その他の不純物を含んでいても、この発明の範囲であることは言うまでもない。

この結晶層の選択成長方法としては、種々の気相成長法を挙げることができ、例えば有機金属化合物気相成長法(MOCVD(MOVPE)法)や分子線エピタキシー法(MBE法)などの気相成長法や、ハイドライド気相成長法(HVPE法)などを用いることができる。その中でもMOCVD法によると、迅速に結晶性の良いものが得られる。MOCVD法では、GaソースとしてTMG(トリメチルガリウム)、TEG(トリエチルガリウム)、AlソースとしてはTMA(トリメチルアルミニウム)、TEA(トリエチルアルミニウム)、Inソースとしては、TMI(トリメチルインジウム)、TEI(トリエチルインジウム)などのトリアルキル金属化合物が多く使用され、窒素源としてはアンモニア、ヒドラジンなどのガスが使用される。また、不純物ソースとしてはSiであればシランガス、Geであればゲルマンガス、MgであればCp<sub>2</sub>Mg(シクロペンタジエニルマグネシウム)、ZnであればDEZ(ジエチルジंक)などのガスが使用される。MOCVD法では、これらのガスを例えば600℃以上に加熱された基板の表面に供給して、ガスを分解することにより、InAlGa<sub>2</sub>N系化合物半導体をエピタキシャル成長させることができる。

具体的な選択成長法としては、下地成長層245の上に薄いマスク層を形成し、そのマスク層を選択的に開口して窓領域を形成することでも、選択成長が可能である。マスク層は例えば酸化シリコン層あるいは窒化シリコン層によって構成することができる。窓領域はマスク層に形成さ



れる開口部であり、例えば六角形とすることができるが、他の形状、たとえば円形状、正形状、三角形状、矩形状、菱形、楕円形状およびこれらの変形形状などの種類の形状にすることができる。マスク層の窓領域からの選択成長では、横方向に結晶成長が進むことから、貫通転位を抑える利点も生ずる。

この発明の画像表示装置に用いられる発光ダイオードにおいては、活性層 251 は傾斜した結晶面に平行な面内に延在されかつ第 1 導電層と第 2 導電層 252 に挟まれた構造とされる。活性層 252 は結晶成長層 243 に形成されるが、結晶成長層 243 に形成されるとは、結晶成長層 243 に対して半導体層を積層する場合と、結晶成長層の内部や表面の形成する場合の両方を含む。

第 1 導電型は p 型または n 型のクラッド層であり、第 2 導電型はその反対の導電型である。例えば結晶成長層をシリコンドープの窒化ガリウム系化合物半導体層によって構成した場合は、n 型クラッド層をシリコンドープの窒化ガリウム系化合物半導体層によって構成し、その上に InGa<sub>N</sub> 層を活性層 251 として形成し、さらにその上に p 型クラッド層としてマグネシウムドープの窒化ガリウム系化合物半導体層を形成してダブルヘテロ構造をとることができる。活性層 251 である InGa<sub>N</sub> 層を AlGa<sub>N</sub> 層で挟む構造とすることも可能である。また、活性層 251 は単一のバルク活性層で構成することも可能であるが、単一量子井戸 (SQW) 構造、二重量子井戸 (DQW) 構造、多重量子井戸

(MQW) 構造などの量子井戸構造を形成したものであっても良い。量子井戸構造には必要に応じて量子井戸の分離のために障壁層が併用される。活性層 251 を InGa<sub>N</sub> 層とした場合には、特に製造工程上も製造し易い構造となり、素子の発光特性を良くすることができる。さらにこの InGa<sub>N</sub> 層は、窒素原子の脱離しにくい構造である S 面の上での

成長では特に結晶化しやすくしかも結晶性も良くなり、発光効率を上げることが出来る。

5 結晶成長層 2 4 3 上に形成される p 電極 2 4 4 は活性層 2 5 1 に電流を注入するための電極であるが、本例においては、傾斜した結晶面を有する傾斜結晶面の表面に被着されて、最終的には発光ダイオード素子自体が倒置されることから、p 電極 2 4 4 は上向きに開いた反射膜としても機能し、発光ダイオード素子自体が倒置される構造から光取り出し効率の向上を図ることができる。

10 本例の画像表示装置においては、各発光ダイオード素子が結晶成長時とは倒置されて配線用基板 2 4 0 上に配設される。この時、平坦な下地成長層 2 4 5 の上面が結晶成長層 2 4 3 の活性層 2 5 1 からの光の光取り出し面 2 5 0 として機能し、p 電極 2 4 4 の反射膜としての機能も手伝って光取り出し効率を高くすることができる。結晶成長層 2 4 3 は選択成長による六角錐形状を有するが、n 電極 2 4 9 側にはバンプ 2 4 6  
15 が配設されており、発生した光の光取り出し面 2 5 0 として機能する各素子毎の下地成長層 2 4 5 をほぼ面一にすなわち水平に同じ高さに保つことができ、さらに接着剤 2 4 2 で周囲を固めることで結晶成長層 2 4 3 などが傾いてしまうような問題も未然に防止できる。

20 各発光ダイオード素子は素子完成後に実装されるため、たとえば欠陥のある素子を実装しないようにすることで、画像表示装置の全体に歩留まりは向上する。また、バンプ 2 4 6 によって素子は正負一对の電極が配線用基板 2 4 0 側に集められた構造になり、電極が光取り出しのための面積を減ずることもない。この点から本例の画像表示装置は高精細なカラー表示が可能であり、製造プロセス上も選択成長の利点を巧妙に取り  
25 込んだものとなっている。

なお、本例の画像表示装置において、n 電極 2 4 9 やバンプ 2 4 6 な

どは隣接するダイオード間で共通としても良く、また、下地成長層 2 4 5 は隣接する素子間で共通とした、分離されていない構造であっても良い。また、本例では、画像表示装置はカラー表示であるとしたが、2 色表示の装置や、RGB 以外の発光色の組み合わせにかかる画像表示装置 5 であっても良い。また、各ダイオードを駆動するための選択トランジスタなどを配線用基板 2 4 0 上に配することも可能である。

また、本例において素子は、発光素子として説明したが、これに限定されずに、基板上に倒置される素子はトランジスタやその他の半導体素子であっても良く、このような素子を配した素子実装基板を構成し、後 10 の工程で画像表示装置やその他の半導体装置を完成させても良い。

## 例 2

本例は、例 1 の画像表示装置の異なる構造の発光ダイオードを用いた構造の装置である。本例の画像表示装置は、第 3 7 図に示すように、配線用基板 2 6 0 の基板主面 2 6 1 上に配線層 2 6 8、2 6 9 が形成され、 15 それら配線層 2 6 8、2 6 9 上にはそれぞれバンプ 2 6 6、2 6 7 が形成され、バンプ 2 6 6、2 6 7 の上側には p 電極 2 6 4、n 電極 2 6 5 を介して結晶成長層 2 6 3 が接続されている。結晶成長層 2 6 3 は略平板状であり、図示しない活性層が延在されており、p 電極 2 6 4、n 電極 2 6 5 を、活性層を挟む第 1 導電層、第 2 導電層に電氣的に接続する 20 ように形成した後、倒置され、結晶成長層 2 6 3 の下面に位置する p 電極 2 6 4、n 電極 2 6 5 がバンプ 2 6 6、2 6 7 の上部に接続する。バンプ 2 6 6、2 6 7 の周囲は例 1 と同様に熱硬化接着剤や紫外線硬化型接着剤などの接着剤からなる接着剤層 2 6 2 で充填されている。

本例の画像表示装置においては、p 電極 2 6 4、n 電極 2 6 5 がバン 25 プ 2 6 6、2 6 7 に接続され、光を発生させる結晶成長層 2 6 3 を水平に同じ高さに保つことができ、さらに接着剤層 2 6 2 で周囲を固めるこ

とで結晶成長層 263 などが傾いてしまうような問題も未然に防止できる。また、各発光ダイオード素子は素子完成後に実装されるため、たとえば欠陥のある素子を実装しないようにすることで、画像表示装置の全体に歩留まりは向上する。また、バンプ 266、267 によって素子は

5 正負一對の電極が配線用基板 260 側に集められた構造になり、電極が光取り出しのための面積を減ずることもない。この点からこの実施例の画像表示装置は高精細なカラー表示が可能である。

### 例 3

本例は例 1 の画像表示装置の製造方法の例であり、第 38 図ないし第

10 46 図を参照しながらその工程順に説明する。

第 38 図に示すように、C 面を主面とするサファイア基板からなる成長用基板 270 が使用され、その成長用基板 270 上に低温と高温のバッファ層などからなる下地成長層 271 が形成され、その下地成長層 271 を覆ってシリコン酸化膜または窒化膜からなるマスク層が形成され、

15 そのマスク層には結晶成長させる領域に対応して窓領域が形成される。次に、窓領域からの選択成長による結晶成長から側面が傾斜した S 面で覆われた六角錐形状の結晶成長層 272 が得られ、この結晶成長層 272 に図示しない第 1 導電層、活性層、および第 2 導電層が形成され、さらに、p 電極 273 が例えば Ni / Pt / Au などの多層金属膜によっ

20 て構成され、n 電極 274 が例えば Ti / Al / Pt / Au などの多層金属膜によってマスク層を開口した部分に形成される。p 電極 273 は例えば蒸着によって形成されるが、他方の n 電極 274 はリフトオフなどの手法を用いて形成される。

このように p 電極 273 と n 電極 274 を形成した後、成長用基板 2

25 70 上の下地成長層 271 は素子毎に分離される。この素子毎の分離には例えば反応性イオンエッチングが用いられる。各素子のチップサイズ

について、例示すると、素子自体は例えば  $20\ \mu\text{m}$  角程度のサイズであるが、チップのピッチは約  $25\ \mu\text{m}$  程度となる。

次に、成長用基板 270 の全面にレジスト層 275 を形成し、この時のレジスト層 275 の厚みを p 電極 273 の頂点部分の高さと同程度とする。次いでレジスト層 275 の上記 n 電極 274 に対応した領域を開口し、第 39 図に示すように開口部 276 を当該レジスト層 275 に形成して底部に上記 n 電極 274 を臨ませる。

レジスト層 275 の開口部 276 に、バンプ 277 を、メッキ工程などを利用して形成する。すなわち、このバンプ 277 はメッキ工程などを利用して形成される接続部であり、電解もしくは無電解により Cu、Ni などのバンプを約  $10\ \mu\text{m}$  の高さで形成したものであり、その表面は酸化防止のために約  $0.1\ \mu\text{m}$  の Au メッキが施されている。メッキバンプ 277 の形成後、第 40 図に示すように、レジスト層 275 が除去される。

レジスト層 275 の除去後、第 41 図に示すように、例えばガラス基板などによって構成される転写用基板 280 上に転写材 278 が塗布されたものを用意し、先のバンプ 277 を形成した成長用基板 270 を転写用基板 280 に対向させる。ここで転写材 278 は粘着材などであり、次に照射されるレーザ光の波長に対して吸収の低い材料が好ましい。これはレーザ光によるアブレーションが低く、分離した発光素子の位置精度が良好となるからである。成長用基板 270 と転写用基板 280 の主面同士を対向させたところで、成長用基板 270 の裏面すなわち発光素子の裏面から KrF エキシマレーザあるいは三倍波 YAG レーザなどのレーザ光を照射する。このレーザ光の照射によって下地成長層 271 と成長用基板 270 の界面には、窒素が発生し、発光ダイオードは素子ごと分離される。

このレーザ光の照射によって分離された各発光ダイオードは、第 4 2 図に示すように、転写材 2 7 8 に埋められながら転写用基板 2 8 0 に一時的に保持される。このとき、ちょうど、成長用基板 2 7 0 が剥がれた面である下地成長層 2 7 1 の上面には、G a 層 2 8 1 が付着している。

- 5 この下地成長層 2 7 1 の上面は光取出し面となることから、G a 層 2 8 1 を除去する必要がある、エッチングなどが施される。このエッチングはアルカリ系、もしくは酸系にいずれでも良いが、転写材 2 7 8 の密着強度が低下することのないようにエッチング液が選定される。

- 10 画像表示装置は R G B の単色の発光素子を規則的に配列させて構成されることから、第 4 3 図に示すように、配線用基板の電極ピッチに合わせて、選択的に転写用基板 2 8 0 から発光素子を取り出す。これは転写用基板 2 8 0 の基板上に保持された発光ダイオードは同一で単色の発光波長を有するとの前提によるものであり、異なる発光波長の素子を実装するためには、たとえば複数枚の転写用基板 2 8 0 が使用される。本例  
15 では、選択的な発光素子の取り出しのために、吸着ヘッド 2 8 2 が使用される。吸着ヘッド 2 8 2 の先端部 2 8 4 には、吸引孔 2 8 3 が形成され、先端部 2 8 4 にピッチは配線用基板の電極ピッチに沿ったものとなっている。吸着ヘッド 2 8 2 の先端部 2 8 4 は吸引孔 2 8 3 の周囲で平坦とされ、その平坦な部分に発光素子の光取出し面となる下地成長層 2  
20 7 1 の上面が吸着される。この吸着作業は、個々の素子毎に行うことも可能であるが、本例のように、配線用基板の電極ピッチに合わせて複数の発光素子を同時に吸着させるようにすることもでき、本例を利用することで製造プロセスを簡略化して製造コストを低減できる。

- 25 配線用基板の電極ピッチに合致した複数の発光素子は、第 4 4 図に示すように、配線用基板 2 9 0 のところまで運ばれ、該配線用基板 2 9 0 の主面に垂直な方向から基板主面に対して各素子が接着される。配線用

基板 2 9 0 の主面にはあらかじめ配線層 2 9 1、2 9 2 が形成されており、吸着ヘッド 2 8 2 が各素子を配線用基板 2 9 0 の主面に圧着した後、開放すると各発光素子は配線用基板 2 9 0 に仮接着される。配線用基板 2 9 0 の主面には接着剤 2 9 3 が塗布されており、各素子を配線用基板 2 9 0 の主面で保持するのに寄与する。ここで接着剤 2 9 3 は例えば熱硬化型接着剤や紫外線硬化型接着剤である。

このような配線用基板 2 9 0 の主面への搬送を 3 原色の各素子について行くと、第 4 5 図に示す状態となる。この時点で隣接する素子は発光する光に波長は異なるものとされる。各素子はバンプ 2 7 7 を用いて基板主面に対して水平に維持されたまま確実に実装される。

次に、加圧ヘッド 2 9 5 を各素子の光取り出し側である下地成長層 2 7 1 の上面から押し付け、接着剤 2 9 3 を硬化させる。接着剤 2 9 3 が熱硬化型接着剤の場合には、加圧ヘッド 2 9 5 としてパルスヒートで加熱する加熱加圧ヘッドとすることができ、紫外線硬化型接着剤の場合には加圧しながら配線用基板 2 9 0 の裏面側から紫外線を照射することが望ましい。または、加圧ヘッド 2 9 5 をガラスや石英ガラスなどの光透過材料で構成し、上側から紫外線を照射するようにすることもできる。

本例の画像表示装置の製造方法においては、配線用基板 2 9 0 の電極ピッチに合わせた複数の発光素子が一括して配線用基板 2 9 0 の主面に実装されるため、その製造コストを低減できるとともに短時間での製造が可能である。また、各素子はバンプ 2 7 7 を用いて確実に水平に実装され、傾いたりすることもなく、またアライメントのためのマージンも小さくて良くなることから、高精度に発光素子を配列されることができ、また、バンプ 2 7 7 を用いて確実な電気配線や、光取り出し効率の最大化も図ることができる。

また、転写用基板 2 8 0 に保持されている状態で、発光素子の検査を

行うことができ、不良な素子を早期に除去して歩留まりを改善できる。  
また、Ga層の除去を配線用基板290への実装前に行うことができ、  
エッチングで配線用基板290を損傷するような問題も回避できる。

#### 例4

- 5      本例は、第47図および第48図に示すように、配線用基板の電極ピッチに合わせて発光素子を形成し、直接配線用基板に実装する例である。

第47図に示すように、成長用基板305上には配線用基板の電極ピッチに合わせて発光素子が形成されている。発光素子は前述の実施例と同様に下地成長層311上に六角錐状の結晶成長層312が形成され、  
10      結晶成長層312上にはp電極313が下地成長層311上には更にn電極314が形成され、p電極313と高さを同程度とするためのバンブ315が形成されている。成長用基板305上には複数の発光素子が形成され、その間隔が配線用基板301の電極層303、302のピッチに対応したものとなっている。

- 15      発光素子が形成された成長用基板305を配線用基板301と対向させ、成長用基板305の裏面からKrFエキシマレーザあるいは三倍波YAGレーザなどのレーザ光を照射することで、下地成長層311と成長用基板305の界面には、窒素が発生し、発光素子は素子ごと分離され、配線用基板301に保持される。

- 20      第48図は発光素子が配線用基板301に保持された状態を示しており、以後、他の波長の発光素子についても実装を行い、接着剤307を硬化させることで画像表示装置が完成する。このときGa層316が下地成長層311の上面に形成されていることから、接着剤層307が紫外線硬化型の場合では、配線用基板301の裏面側から紫外線を照射する。  
25      接着剤層307が熱硬化型の場合では、例3と同じ条件での硬化工程で良い。接着剤層307が硬化した後でGa層316を除去すること



で、配線用基板 3 0 1 へのダメージを著しく低減できる。

#### 例 5

本例は、第 4 9 図に示すように、配線用基板の電極ピッチに合わせて選択的にレーザ光を照射して、発光素子を直接配線用基板に実装する例である。

第 4 9 図に示すように、成長用基板 3 2 8 上には発光素子が複数形成されており、発光素子は前述の例と同様に下地成長層 3 2 7 上に六角錐状の結晶成長層 3 2 4 が形成され、結晶成長層 3 2 4 上には p 電極 3 2 6 が下地成長層 3 2 7 上には更に n 電極が形成され、p 電極 3 2 6 と高さを同程度とするためのバンプ 3 2 5 が形成されている。

一方、配線用基板 3 2 0 の主面には電極層 3 2 1、3 2 2 が所要のピッチで形成されており、成長用基板 3 2 8 と配線用基板 3 2 0 が対向して保持された状態で、配線用基板の電極ピッチに合わせてレーザービームが照射される。成長用基板 3 2 8 の裏面から KrF エキシマレーザあるいは三倍波 YAG レーザなどのレーザ光を照射することで、下地成長層 3 2 7 と成長用基板 3 2 8 の界面には、窒素が発生し、発光素子は素子ごと分離され、配線用基板 3 2 0 に保持されるが、レーザービームの照射が電極ピッチに合わせた選択的なものであるために、成長用基板 3 2 8 上の全部の発光素子が分離するわけではなく、配線用基板の電極ピッチに合わせた単色の素子だけが確実に転写される。この工程を他の波長の素子に対して繰り返すことで画像表示装置が完成する。レーザ光は単一ビームをスキャンする方法と、単一ビームで成長用基板と配線用基板を移動する方法とがある。

#### 例 6

本例は 2 回転写用基板を用いて実装する例であり、本例を第 5 0 図ないし第 5 4 図を参照しながら説明する。

第 5 0 図に示すように、成長用基板 3 3 6 上には発光素子を構成するように、下地成長層 3 3 2 上に六角錐状の結晶成長層 3 3 3 が形成され、結晶成長層 3 3 3 上には p 電極 3 3 4 が下地成長層 3 3 2 上には更に n 電極が形成され、p 電極 3 3 4 と高さを同程度とするためのバンプ 3 3 5 が形成されている。成長用基板 3 3 6 上には発光素子は配線用基板の電極ピッチに合わせて離間している。この成長用基板 3 3 6 は転写用基板 3 3 0 と対向するように保持され、成長用基板 3 3 6 の裏面からレーザー光を照射することで、発光素子は素子ごと分離され、転写用基板 3 3 0 に転写される。転写用基板 3 3 0 にはこの時シリコン樹脂などからなる転写材 3 3 1 が形成されていて、この転写材 3 3 1 により、発光素子は素子ごとに保持される。

次に、第 5 1 図に示すように、Ga 層の除去により、転写用基板 3 3 0 に光取り出し面が外側となる形で保持され、さらに第 5 2 図に示すように、転写材 3 4 0 が上面に塗布された第 2 の転写用基板 3 4 1 が貼り合わせられる。この場合において、転写材 3 4 0 は例えば紫外線硬化型粘着材であり、第 2 の転写用基板 3 4 1 はガラスもしくは石英ガラスである。

次に、最初の転写用基板 3 3 0 が剥がされることで、第 5 3 図に示すように、発光素子は第 2 の転写用基板 3 4 1 に転写される。

そして第 5 4 図に示すように、配線用基板 3 4 2 の主面には電極層 3 4 3、3 4 4 が所要のピッチで形成されているところで、第 2 の転写用基板 3 4 1 と配線用基板 3 4 2 が対向して保持された、配線用基板の電極ピッチに合わせてレーザービームが照射される。成長用基板 3 2 8 の裏面からレーザー光を照射することで、転写材 3 4 0 のアブレーションにより発光素子は素子ごと分離され、配線用基板 3 4 2 に保持される。この転写はレーザービームの照射が電極ピッチに合わせた選択的なもので

あるために、成長用基板 3 2 8 上の全部の発光素子が分離するわけではなく、配線用基板の電極ピッチに合わせた単色の素子だけが確実に転写される。この工程を他の波長の素子に対して繰り返し、配線用基板 3 4 2 上の接着剤 3 4 5 を硬化させて画像表示装置が完成する。なお、転写  
5 材 3 4 0 のアブレーションの残さが発光素子裏面に付着しているときは洗浄もしくは研磨の工程を付加する。

#### 例 7

本例は例 6 の変形例であり、第 5 5 図に示すように、第 2 の転写用基板 3 5 0 上の転写材 3 5 1 には、発光素子を構成するように、下地成長  
10 層 3 5 3 上に六角錐状の結晶成長層 3 5 4 が形成され、p 電極と高さを同程度とするためのバンプ 3 5 5 が形成されているが、第 2 の転写用基板 3 5 0 上において、発光素子は配線用基板の電極ピッチに合わせて離間しているのではなく、製造上で便宜なピッチで配されている。なお、その他の工程においては例 6 と実質的に同じである。

15 次に、第 5 6 図に示すように、第 2 の転写用基板 3 5 0 の裏面からレーザー光を選択的に照射することで、転写材 3 5 1 のアブレーションにより発光素子は素子ごと分離され、配線層 3 6 2、3 6 3 を有する配線用基板 3 6 0 に保持される。この転写はレーザービームの照射が電極ピッチに合わせた選択的なものであるために、全部の発光素子が一度に分離  
20 するわけではなく、配線用基板の電極ピッチに合わせた単色の素子だけが確実に転写される。この工程を他の波長の素子に対して繰り返し、配線用基板 3 6 0 上の接着剤 3 6 1 を硬化させて画像表示装置が完成する。なお、転写材 3 5 1 のアブレーションの残さが発光素子裏面に付着しているときは洗浄もしくは研磨の工程を付加する。

#### 25 例 8

本例は、n 電極配線と p 電極配線を結晶成長層について上下に分けて

形成した画像表示装置の例である。本例の画像表示装置は、第 57 図に示すように、配線用基板 370 の基板主面 371 上に p 電極配線 372 が形成され、その p 電極配線 372 の上端に接続する形で、六角錐形状の傾斜した傾斜結晶面を有する結晶成長層 374 がその周囲の接着剤層 373 に埋め込まれて支持されている。結晶成長層 374 には図示しない第 1 導電層、活性層、第 2 導電層が形成されており、この結晶成長層 374 は結晶成長時とは倒置した形で接着剤層 373 に支持されている。結晶成長層 374 の傾斜結晶面に平行な面には p 電極 375 が形成されており、結晶成長層 374 の上側には、結晶成長時に用いた平板状の下地成長層 376 が存在し、この下地成長層 376 の上面側が光取り出し面 377 とされ、この下地成長層 376 の光取り出し面 377 において、発光領域となる第 1 導電層、活性層、第 2 導電層の積層部とは基板主面 371 の法線方向で重ならない下地成長層 376 の角部には n 電極配線 378 が形成され電氣的に接続されている。この n 電極配線 378 の一部は上記接着剤層 373 上にも延在されており、たとえば樹脂層からなる接着剤層 373 が硬化した後、n 電極配線 378 が所要のパターンに形成される。n 電極配線 378 はポリイミドなどの樹脂層からなる保護層 379 によって被覆されている。

本例の画像表示装置においては、p 電極、n 電極の双方が結晶成長面側に存在する発光素子とは異なり、少なくとも n 電極配線 378 は下地成長層 376 の光取り出し面 377 側に位置するために、配線の分だけ発光素子のチップサイズを小さくすることができる。また、n 電極配線 378 と p 電極配線 372 は結晶成長層 374 について上下に分けて形成され、3 次元的に離れることになるので、短絡することがなくなり、配線幅を広く形成することが可能になる。したがって、配線の形成も容易に行うことができる。

なお、上述の例では、バンプをCu, NiにAuのコートをしたものとして説明したが、半田バンプによる接続であっても良い。発光素子の電極上のバンプは半田メッキ、もしくは半田蒸着によって形成され、配線用基板に保持される接着剤の代わりにフラックスを用いて、配線用基板にあらかじめ塗布しておくことができる。発光素子はそのフラックスの粘着性により配線用基板上に保持される。3色の発光素子が剥離・転写されたら、配線用基板を一括してリフローして配線用基板と発光素子を接続しても良い。この時、配線用基板はリフロー炉に入れることになるので、ガラス基板を使用する。接続後はフラックス洗浄を行い、封止材をチップと配線用基板の間に入れて、封止材を硬化させる。半田を用いた接続の場合は、接続抵抗が低抵抗になり、半田熔融時のセルフアライメントにより発光素子のアライメント精度が改善され、画素ピッチが配線電極のパターニング精度と一致するようになるので、画素ピッチが一定になり、画像表示装置は高精細なものとなる。発光素子の修理をする場合は封止材の注入前に発光素子の点灯検査を行い、不良が発生した場合にはその発光素子の局部加熱により、半田バンプを熔融して修理をする。

この発明において画像表示装置とは、発光ダイオード(LED)、半導体レーザなどの発光素子を用いた表示装置(ディスプレイ装置)であれば良く、発光素子が配線用基板上に配列されて、他の電子機器などに組み込まれる構造のものから、更に例示的には、テレビジョン受像機、ビデオ再生装置、コンピュータのなどの電子機器のモニター、ゲーム機器の出力装置、電子家電などのモニターなどを含み、また、比較的小さいサイズのものでは、自動車搭載型案内装置、携帯電話、携帯情報端末、録画装置や監視装置などのモニター画面などであっても良い。

上述のようにこの発明の画像表示装置によれば、解像度や画質、発光

効率などの諸特性に優れ、かつ大画面化が容易で、製造コストの低減も実現できる画像表示装置を得ることができる。特に、この発明の画像表示装置によれば、発光素子が一個の素子の占有面積が  $25\ \mu\text{m}^2$  以上で  $10000\ \mu\text{m}^2$  以下とされた微細なサイズであるために、発光素子自体を高密度に配線用基板に配設することが可能であり、また、個々の発光素子を完成させた後に配線用基板に対して実装するために歩留りは良好であり、大画面化する場合でもその画面全体にわたる  $\mu\text{m}$  オーダーの厳格なプロセス管理などは不要となる。

また、この発明の画像表示装置の製造方法によれば、発光素子自体を高密度に配線用基板に配設することが容易に実現され、一時保持用基板やエネルギービームを活用することで、微小な素子を転写しながら配線用基板の所要の位置に実装することができる。

一方、この発明の素子の配列方法および画像形成装置の製造方法によれば、一時保持用部材に素子を保持させた時点で既に、素子間の距離が大きくされ、その広がった間隔を利用して比較的サイズの電極パッドなどを設けることが可能となる。それら比較的サイズの大きな電極パッドを利用した配線が行われるために、素子サイズに比較して最終的な装置のサイズが著しく大きな場合であっても容易に配線を形成できる。

また、この発明の素子の配列方法および画像形成装置の製造方法によれば、発光素子の周囲が硬化した接着剤層で被覆され平坦化によって精度良く電極パッドを形成できるとともに素子に比べて広い領域に電極パッドを延在でき、次の第二転写工程での転写を吸着治具で進める場合には取り扱いが容易になる。また、発光ダイオードの一時保持用部材への転写には、GaN系材料がサファイアとの界面で金属のGaと窒素に分解することを利用して、比較的簡単に剥離できる。

さらに、この発明の素子の配列方法および画像形成装置の製造方法に

よれば、同じ転写倍率を意図する場合においては、第一転写工程と第二転写工程の拡大率を  $n$  倍、 $m$  倍とすると、1 回でそれだけ拡大する場合に比べて、 $(n+m)^2 = n^2 + 2nm + m^2$  であることから、必ず  $2nm$  回だけ転写回数を減らすことができることになる。したがって、製造工程も回数分だけ時間や経費の節約となり、特に拡大率の大きい場合に有益となる。

また、各発光ダイオード素子が結晶成長時とは倒置されて配線用基板上に配設されるこの発明の画像表示装置においては、平坦な下地成長層の上面が光の光取り出し面として機能し、 $p$  電極の反射膜としての機能も手伝って光取り出し効率を高くすることができる。結晶成長層は選択成長により例えば六角錐形状を有するが、 $n$  電極側にはバンプが配設されており、各素子毎の下地成長層および結晶成長層を水平に同じ高さに保つことができ、さらに接着剤で周囲を固めることで結晶成長層などが傾いてしまうような問題も未然に防止できる。

各発光ダイオード素子は素子完成後に実装されるため、たとえば欠陥のある素子を実装しないようにすることで、画像表示装置の全体に歩留まりは向上する。また、バンプによって素子は正負一對の電極が配線用基板側に集められた構造になり、電極が光取り出しのための面積を減ずることもない。この点からこの実施例の画像表示装置は高精細なカラー表示が可能であり、製造プロセス上も選択成長の利点を巧妙に取り込んだものとなっている。

この実施例の画像表示装置の製造方法においては、配線用基板の電極ピッチに合わせた複数の発光素子が一括して配線用基板の主面に実装されるため、その製造コストを低減できるとともに短時間での製造が可能である。また、各素子はバンプを用いて確実に水平に実装され、傾いたりすることもなく、またアライメントのためのマージンも小さくて良く

なることから、高精度に発光素子を配列されることができ、また、バン  
プを用いて確実な電気配線や、光取り出し効率の最大化も図ることがで  
きる。



## 請 求 の 範 囲

1. 複数の発光素子が配列され所要の画像信号に対応して画像を表示する画像表示装置において、一個の上記発光素子の占有面積が  $25 \mu\text{m}^2$   
5 以上で  $10000 \mu\text{m}^2$  以下とされ、上記各発光素子はそれぞれ配線用基板に実装されたものであることを特徴とする画像表示装置。
2. 各発光素子の占有面積に対する当該画像表示装置上の一画素分の占有面積の比が 10 以上 40000 以下であることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の画像表示装置。
- 10 3. 各発光素子の占有面積に対する当該画像表示装置上の一画素分の占有面積の比が 10 以上 10000 以下であることを特徴とする請求の範囲第 2 項記載の画像表示装置。
4. 上記発光素子は窒化物半導体発光素子、砒化物半導体発光素子、および燐化物半導体発光素子から選ばれた素子からなることを特徴とする  
15 請求の範囲第 1 項記載の画像表示装置。
5. 上記発光素子は互いに波長を異ならせた 3 つの発光素子の組からなる画素を構成することを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の画像表示装置。
6. 上記発光素子に電氣的に接続され該発光素子を通る電流保持するための電流保持回路が各素子毎に形成されることを特徴とする請求の範囲  
20 第 1 項記載の画像表示装置。
7. 上記電流保持回路は個別のチップ状に形成されかつ各発光素子と同様に上記配線用基板に実装されたものであることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の画像表示装置。
- 25 8. 上記電流保持回路を形成した上記電流保持回路のチップと上記発光素子は略同一のサイズを有することを特徴とする請求の範囲第 7 項記載

の画像表示装置。

9. 複数の発光素子が配列され所要の画像信号に対応して画像を表示する画像表示装置の製造方法において、所要の配線をマトリクス状に配設した配線用基板を用意するとともに、個別のチップに分離された一個の  
5 素子占有面積が  $25 \mu\text{m}^2$ 以上で  $10000 \mu\text{m}^2$ 以下とされる複数の発光素子を用意し、該発光素子を上記配線に接続するように実装して画像表示装置を構成することを特徴とする画像表示装置の製造方法。

10. 所要の素子形成用基板上に半導体層を積層し、該半導体層に上記複数の発光素子を並べて形成した後、各発光素子毎に分離し、その分離  
10 した各発光素子を上記配線用基板に実装することを特徴とする請求の範囲第9項記載の画像表示装置の製造方法。

11. 上記発光素子の素子間の領域に上記素子形成用基板の基板表面に達する溝を、各発光素子を囲むように形成し、該溝に囲まれた各発光素子を上記素子形成用基板から分離させ、その分離された各発光素子を上  
15 記配線用基板に実装することを特徴とする請求の範囲第10項記載の画像表示装置の製造方法。

12. 上記分離された各発光素子の上記配線用基板への実装は吸着用治具に発光素子の表面または裏面を吸着させながら上記配線用基板に素子毎に搭載することで行うことを特徴とする請求の範囲第10項記載の画  
20 像表示装置の製造方法。

13. 上記各発光素子の上記素子形成用基板からの分離は、該素子形成用基板の裏面からのエネルギービームの照射を利用することを特徴とする請求の範囲第10項記載の画像表示装置の製造方法。

14. 上記素子形成用基板の裏面からのエネルギービームの照射前に、  
25 上記素子形成用基板上の各発光素子を一時保持用基板に保持させ、上記エネルギービームの照射後に各発光素子を上記素子形成用基板から分離

させ、各発光素子を上記一時保持用基板に保持させることを特徴とする請求の範囲第 1 3 項記載の画像表示装置の製造方法。

- 1 5. 上記一時保持用基板は全面に粘着材が形成され、その粘着材に上記発光素子の表面が一時的に保持されることを特徴とする請求の範囲第 5 1 4 項記載の画像表示装置の製造方法。

1 6. 上記分離された各発光素子の上記配線用基板への実装は上記発光素子表面の電極部分を上記配線用基板上の導電材に圧着することで行うことを特徴とする請求の範囲第 1 0 項記載の画像表示装置の製造方法。

- 1 7. 所要の基板上に半導体層を積層し、該半導体層に複数の発光素子を並べて形成した後、各発光素子毎に分離するとともに各発光素子を上記基板からも分離することを特徴とする発光素子の製造方法。

1 8. 上記各発光素子と上記基板と間の分離は、該基板の裏面からのエネルギービームの照射を利用することを特徴とする請求の範囲第 1 7 項記載の発光素子の製造方法。

- 1 9. 上記エネルギービームの照射前に、上記各発光素子を一時保持用基板に保持させ、上記エネルギービームの照射後に各発光素子を上記基板から分離させ、各発光素子を上記一時保持用基板に保持させることを特徴とする請求の範囲第 1 7 項記載の発光素子の製造方法。

- 2 0. 上記一時保持用基板は全面に粘着材が形成され、その粘着材に上記発光素子の表面が一時的に保持されることを特徴とする請求の範囲第 1 9 項記載の発光素子の製造方法。

- 2 1. 第一基板上に配列された複数の素子を第二基板上に配列する素子の配列方法において、上記第一基板上で上記素子が配列された状態よりは離間した状態となるように上記素子を転写して一時保持用部材に該素子を保持させる第一転写工程と、上記一時保持用部材に保持された上記素子をさらに離間して上記第二基板上に転写する第二転写工程を有する

ことを特徴とする素子の配列方法。

22. 上記第一転写工程で離間させる距離が上記第一基板上に配列された素子のピッチの略整数倍になっておりかつ上記第二転写工程で離間させる距離が上記第一転写工程で上記一時保持用部材に配列させた素子の  
5 ピッチの略整数倍になっていることを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

23. 上記第一転写工程後に素子を樹脂で固める工程と、上記素子の電極を該樹脂上に形成する工程と、上記樹脂をダイシングする工程を有することを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

- 10 24. 上記第一基板から選択的に転写される上記素子は、上記第一基板と上記一時保持用部材と対峙した時に離間させる距離に存在する上記素子であることを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

25. 上記一時保持用部材から選択的に転写される上記素子は、上記一時保持用部材と上記第二基板と対峙した時に離間させる距離に存在する  
15 上記素子であることを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

26. 上記第二基板上では、異なる上記一時保持用部材から転写された素子が隣に位置することを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

- 20 27. 上記第一基板から上記一時保持用部材への転写および上記一時保持用部材から上記第二基板への転写は機械的手段または光学的手段の少なくとも一方を用いて行われることを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

28. 上記機械的手段は各素子に力学的エネルギーを加えながら選択的に素子を転写できる手段であることを特徴とする請求の範囲第27項記載の素子の配列方法。  
25

29. 上記機械的手段は上記素子を選択的に吸着することで該素子を転写できる手段であることを特徴とする請求の範囲第27項記載の素子の配列方法。

30. 上記光学的手段は各素子に光照射による光エネルギーを加えながら選択的に転写することを特徴とする請求の範囲第27項記載の素子の配列方法。

31. 上記第一基板は透光性であることを特徴とする請求の範囲第30項記載の素子の配列方法。

32. 上記素子は窒化物半導体を用いた半導体素子であり、上記光照射はレーザービームであることを特徴とする請求の範囲第31項記載の素子の配列方法。

33. 上記素子は発光素子、液晶制御素子、光電変換素子、圧電素子、薄膜トランジスタ素子、薄膜ダイオード素子、抵抗素子、スイッチング素子、微小磁気素子、微小光学素子から選ばれた素子もしくはその部分であることを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

34. 上記素子は上記第一基板上に作成されることを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

35. 上記一時保持用部材に上記素子が保持された状態で、配線の一部が上記素子に形成されることを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

36. 上記配線の一部は電極パッドであることを特徴とする請求の範囲第21項記載の素子の配列方法。

37. 発光素子もしくは液晶制御素子をマトリクス状に配置した画像表示装置の製造方法において、第一基板上で発光素子もしくは液晶制御素子が配列された状態よりは離間した状態となるように上記発光素子もしくは液晶制御素子を転写して一時保持用部材に上記発光素子もしくは液

晶制御素子を保持させる第一転写工程と、上記一時保持用部材に保持された上記発光素子もしくは液晶制御素子をさらに離間して第二基板上に転写する第二転写工程と、上記各発光素子もしくは液晶制御素子に接続させる配線を形成する配線形成工程とを有することを特徴とする画像表示装置の製造方法。

38. 上記発光素子もしくは上記液晶制御素子は異なる波長に対応する複数の素子の組み合わせが1つの画素を形成するものとされることを特徴とする請求の範囲第37項記載の画像表示装置の製造方法。

39. 上記一時保持用部材に上記発光素子もしくは液晶制御素子が保持された状態で、電極パッドが上記発光素子もしくは液晶制御素子に形成され、上記配線形成工程では上記電極パッドに配線がなされることを特徴とする請求の範囲第37項記載の画像表示装置の製造方法。

40. 複数の発光素子を配線用基板の基板主面上に配列して実装した構造を有する画像表示装置において、上記発光素子の結晶成長によって形成される結晶成長層が上記基板主面の法線方向において結晶成長時とは倒置されて上記配線用基板に実装されることを特徴とする画像表示装置。

41. 上記発光素子は結晶成長時の基板側が光取り出し窓となる結晶成長層を有し、上記発光素子は上記配線用基板に実装される前に成長用基板から分離されることを特徴とする請求の範囲第40項記載の画像表示装置。

42. 上記発光素子は基板主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有する上記結晶成長層に第1導電層、活性層、および第2導電層が形成され、上記第1導電層と接続される第1電極と、上記第2導電層と接続する第2電極は成長用基板からの高さがほぼ同程度とされることを特徴とする請求の範囲第40項記載の画像表示装置。

43. 上記発光素子は基板主面に対して傾斜した傾斜結晶面を有する上

記結晶成長層に第 1 導電層、活性層、および第 2 導電層が形成され、上記第 1 導電層と接続される第 1 電極と、上記第 2 導電層と接続する第 2 電極は上記基板主面の法線方向において上記結晶成長層を挟んでそれぞれ分けられて形成されることを特徴とする請求の範囲第 40 項記載の画像表示装置。

44. 上記結晶成長層は選択成長により形成されたウルツ鉱型の窒化物半導体からなることを特徴とする請求の範囲第 40 項記載の画像表示装置。

45. 上記結晶成長層は選択成長により形成された六角錐形状もしくは六角台形状からなることを特徴とする請求の範囲第 40 項記載の画像表示装置。

46. 成長用基板上に選択成長により基板側が開いた形状となる結晶成長層を形成し、該結晶成長層に第 1 導電層、活性層、および第 2 導電層を形成して発光素子を構成し、上記第 1 導電層と接続する第 1 電極と、上記第 2 導電層と接続する第 2 電極を成長用基板からの高さがほぼ同程度となるように形成し、上記結晶成長層を上記成長用基板から分離して配線用基板に倒置して実装することを特徴とする画像表示装置の製造方法。

47. 上記第 1 および第 2 電極の少なくとも一方には接続部材が両者の高さがほぼ同程度となるように接続されることを特徴とする請求の範囲第 46 項記載の画像表示装置の製造方法。

48. 上記配線用基板への実装は吸着用治具に発光素子の表面または裏面を吸着させながら上記配線用基板に素子毎に搭載することで行うことを特徴とする請求の範囲第 46 項記載の画像表示装置の製造方法。

49. 上記各発光素子の上記成長用基板からの分離は、該成長用基板の裏面からのエネルギービームの照射を利用することを特徴とする請求の

範囲第 4 6 項記載の画像表示装置の製造方法。

50. 上記各発光素子を分離するためのエネルギービームの照射は、各発光素子に対して選択的に行われることを特徴とする請求の範囲第 4 9 項記載の画像表示装置の製造方法。

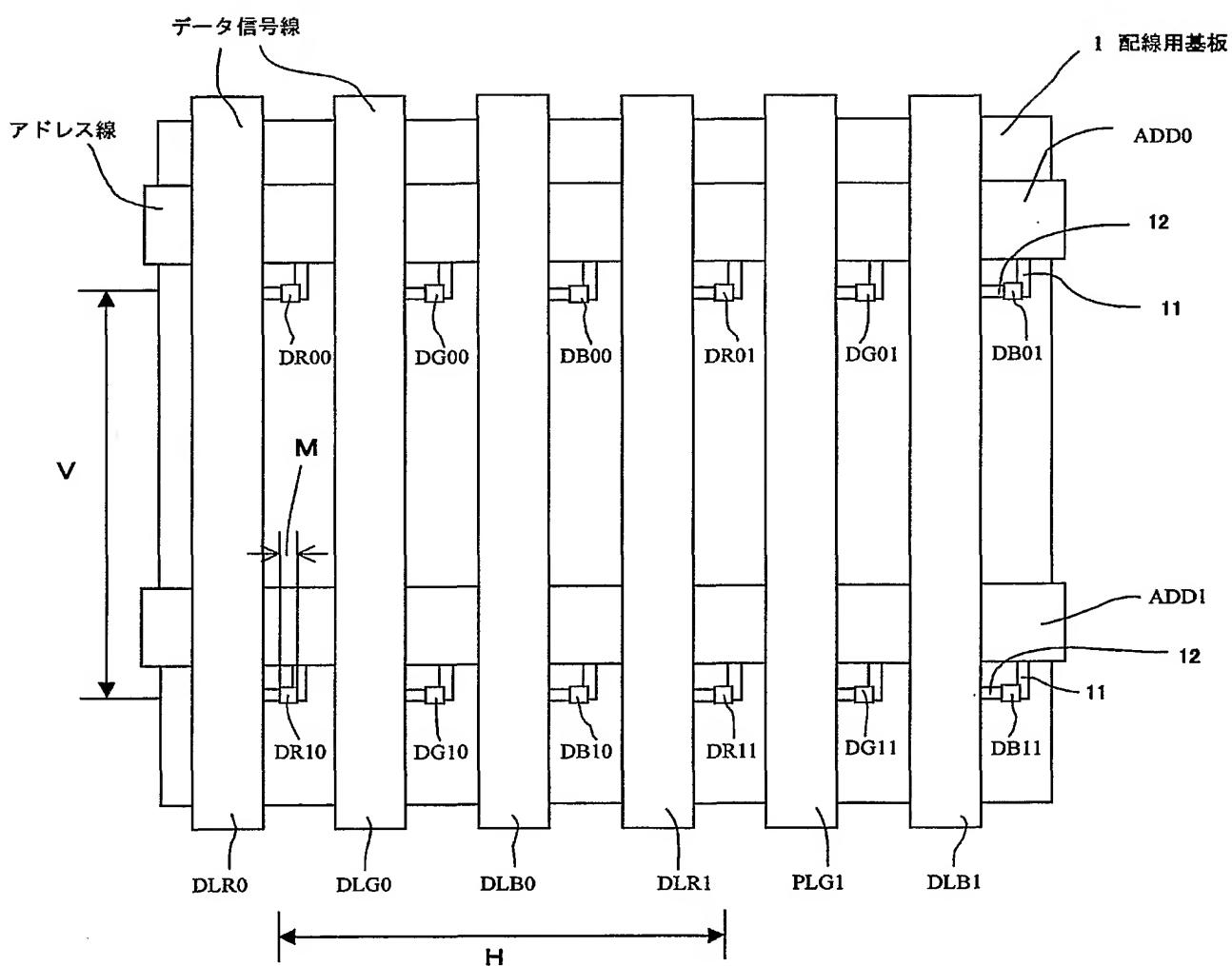
5 51. 上記成長用基板の裏面からのエネルギービームの照射前に、上記素子形成用基板上の各発光素子を転写用基板に保持させ、上記エネルギービームの照射後に各発光素子を上記成長用基板から分離させ、各発光素子を上記転写用基板に保持させることを特徴とする請求の範囲第 4 9 項記載の画像表示装置の製造方法。

10 52. 複数の素子を配線用基板の基板主面上に配列して実装した構造を有する素子実装基板において、上記素子の結晶成長によって形成される結晶成長層が上記基板主面の法線方向において結晶成長時とは倒置されて上記配線用基板に実装されていることを特徴とする素子実装基板。

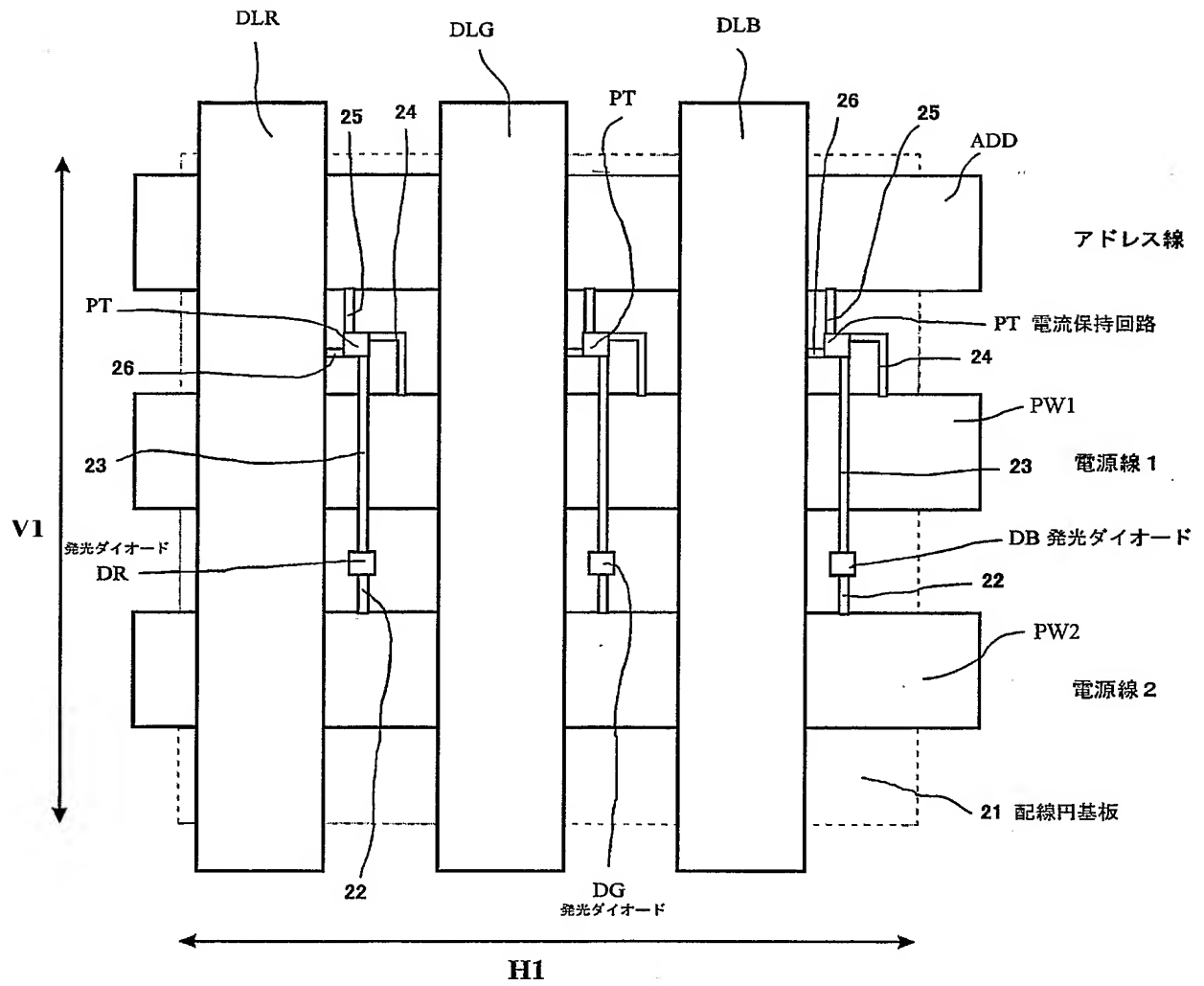
53. 各素子の上記結晶成長層の傾斜した傾斜結晶面以外の平坦面は基板表面上ほぼ面一となるように実装されることを特徴とする請求の範囲第 5 2 項記載の素子実装基板。



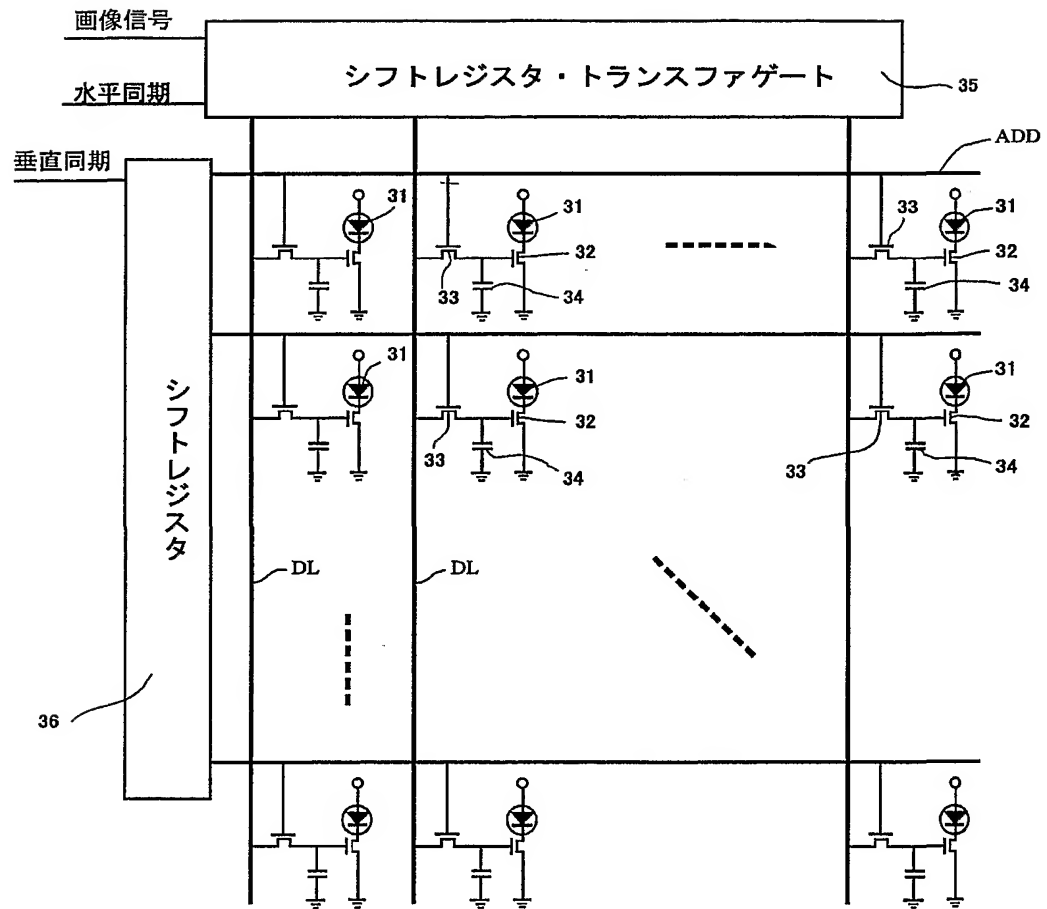
## 第 1 図



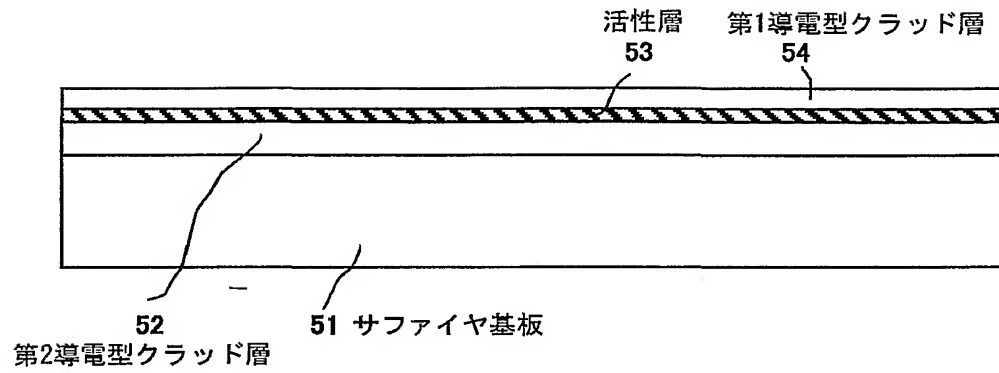
## 第 2 図



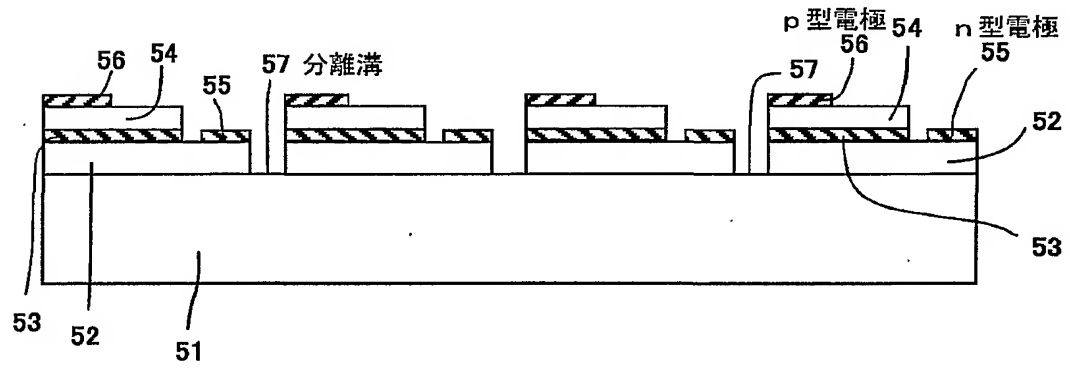
## 第 3 図



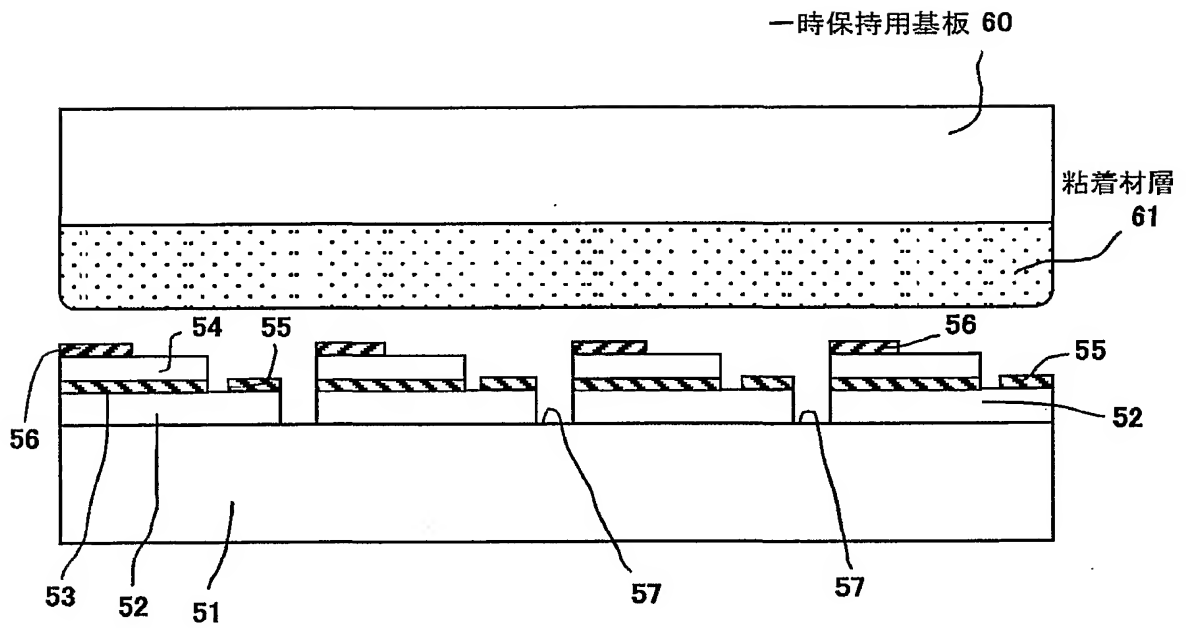
第4図



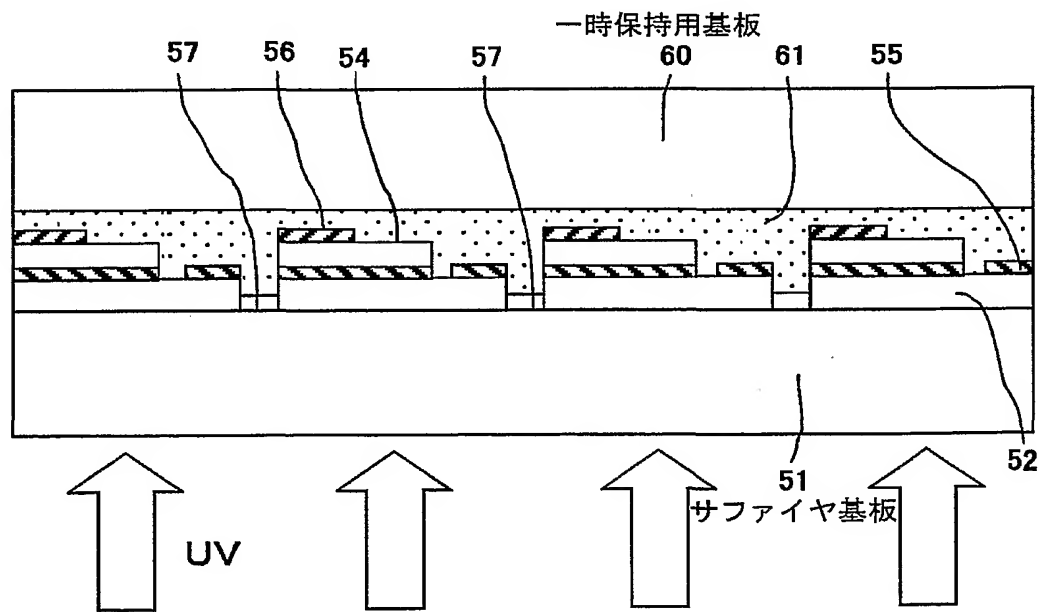
第5図



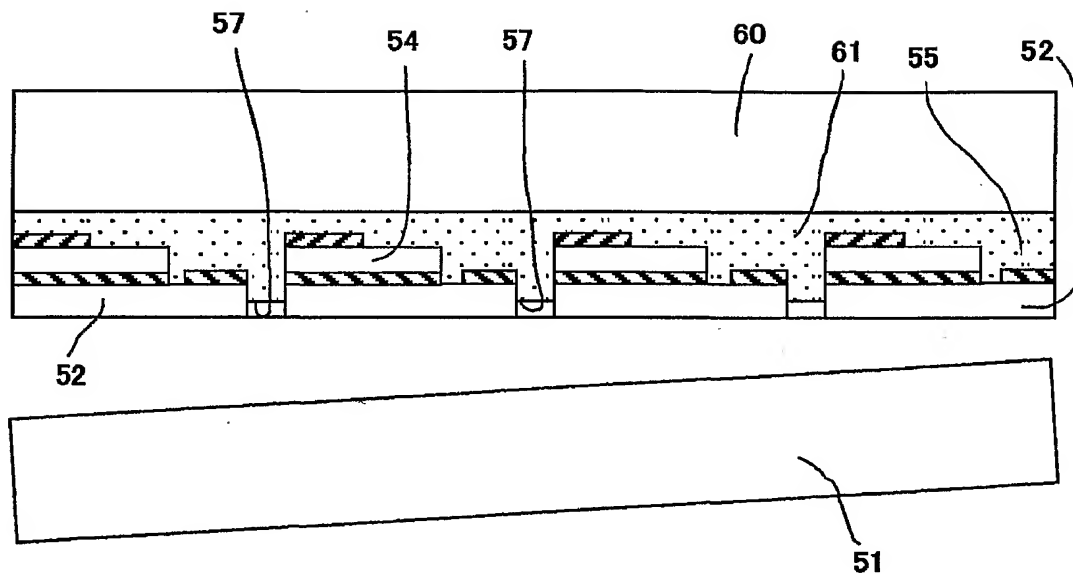
第 6 図



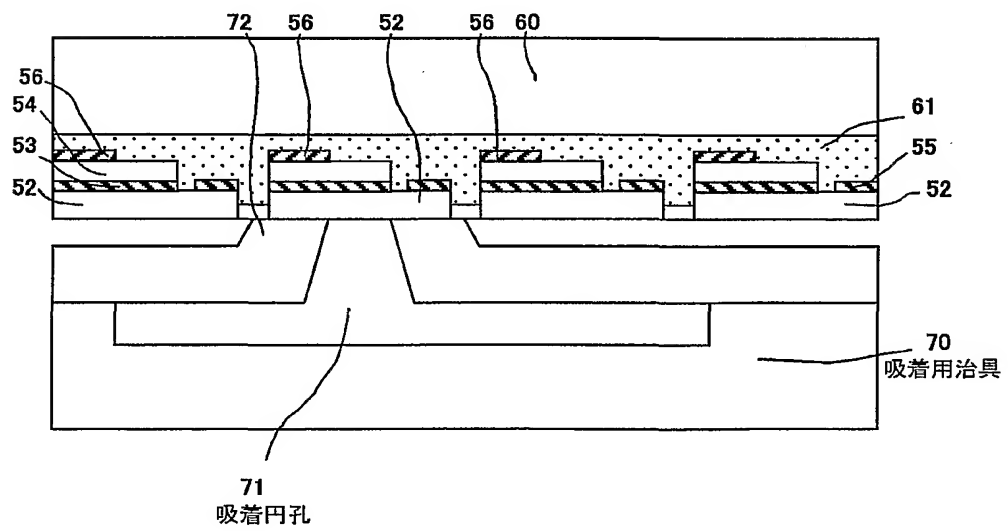
第 7 図



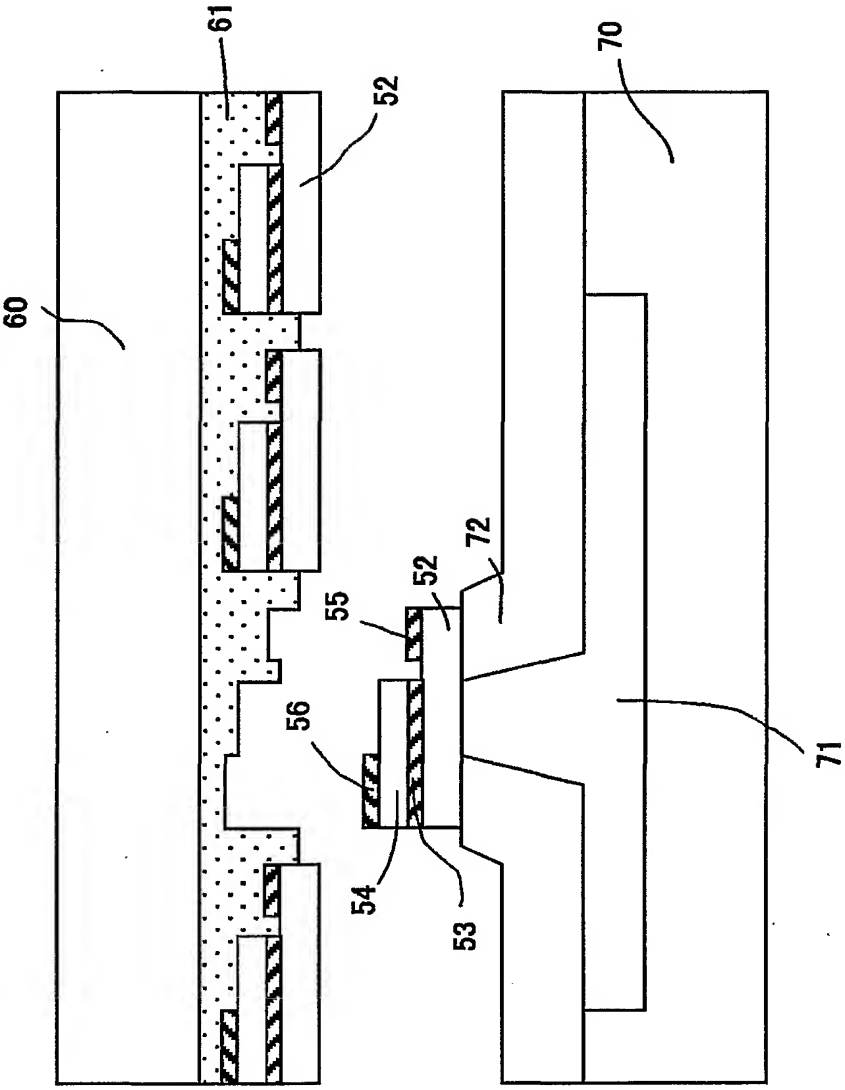
第 8 図



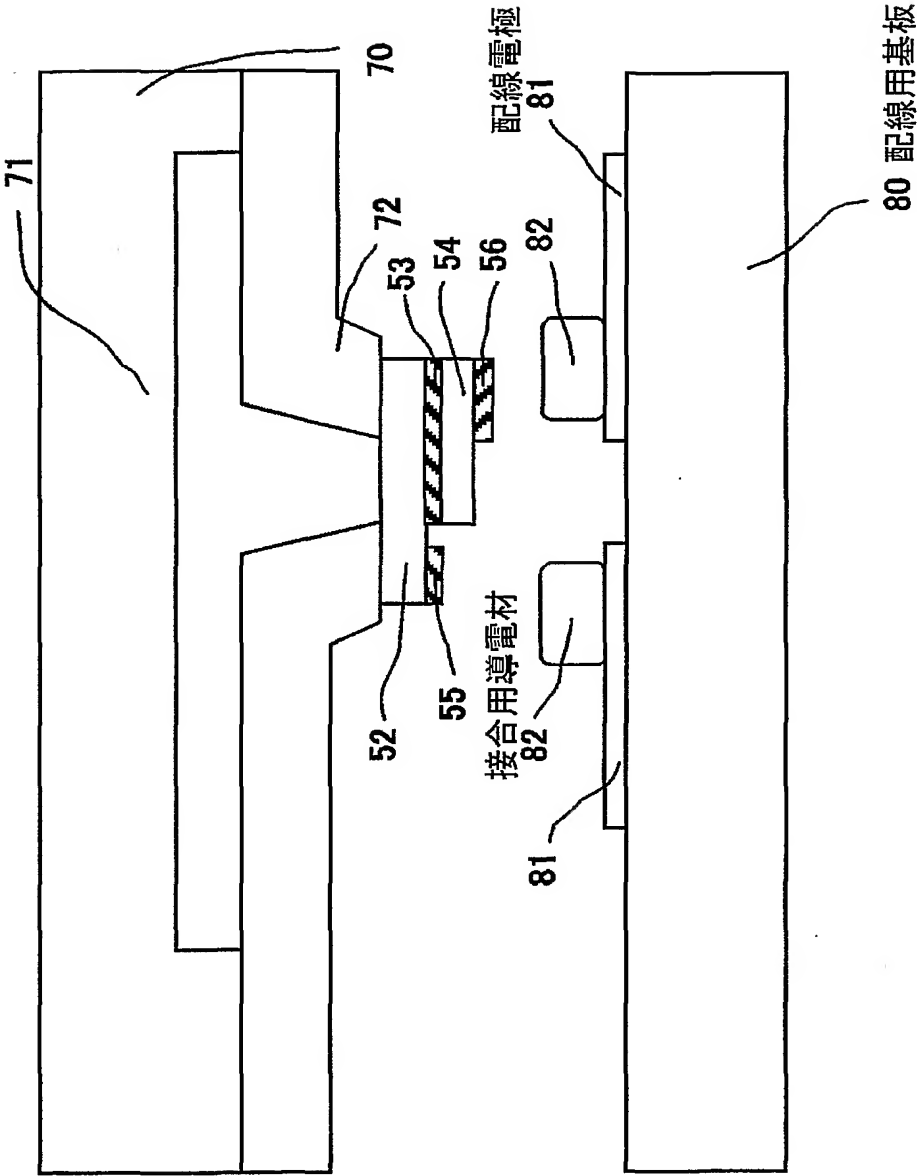
第 9 図



第10図

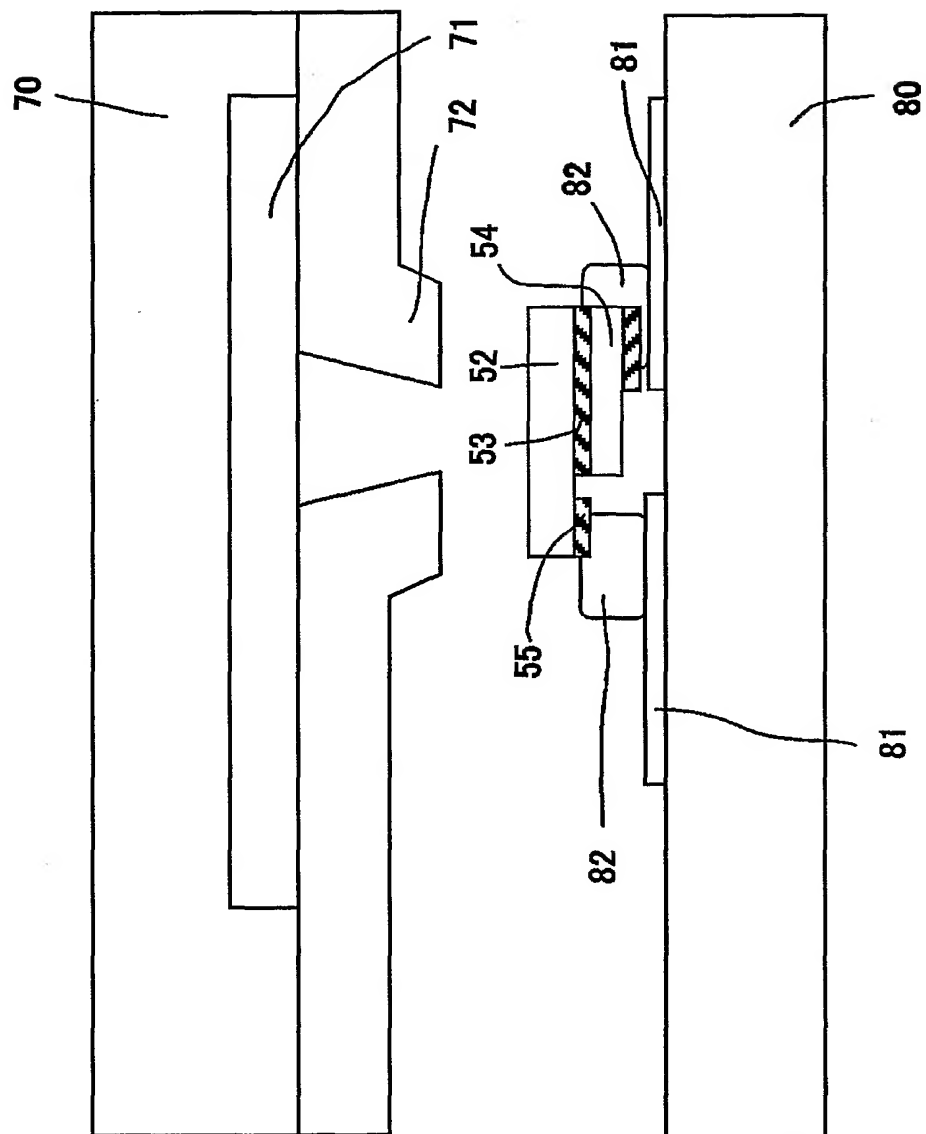


第 1 1 図

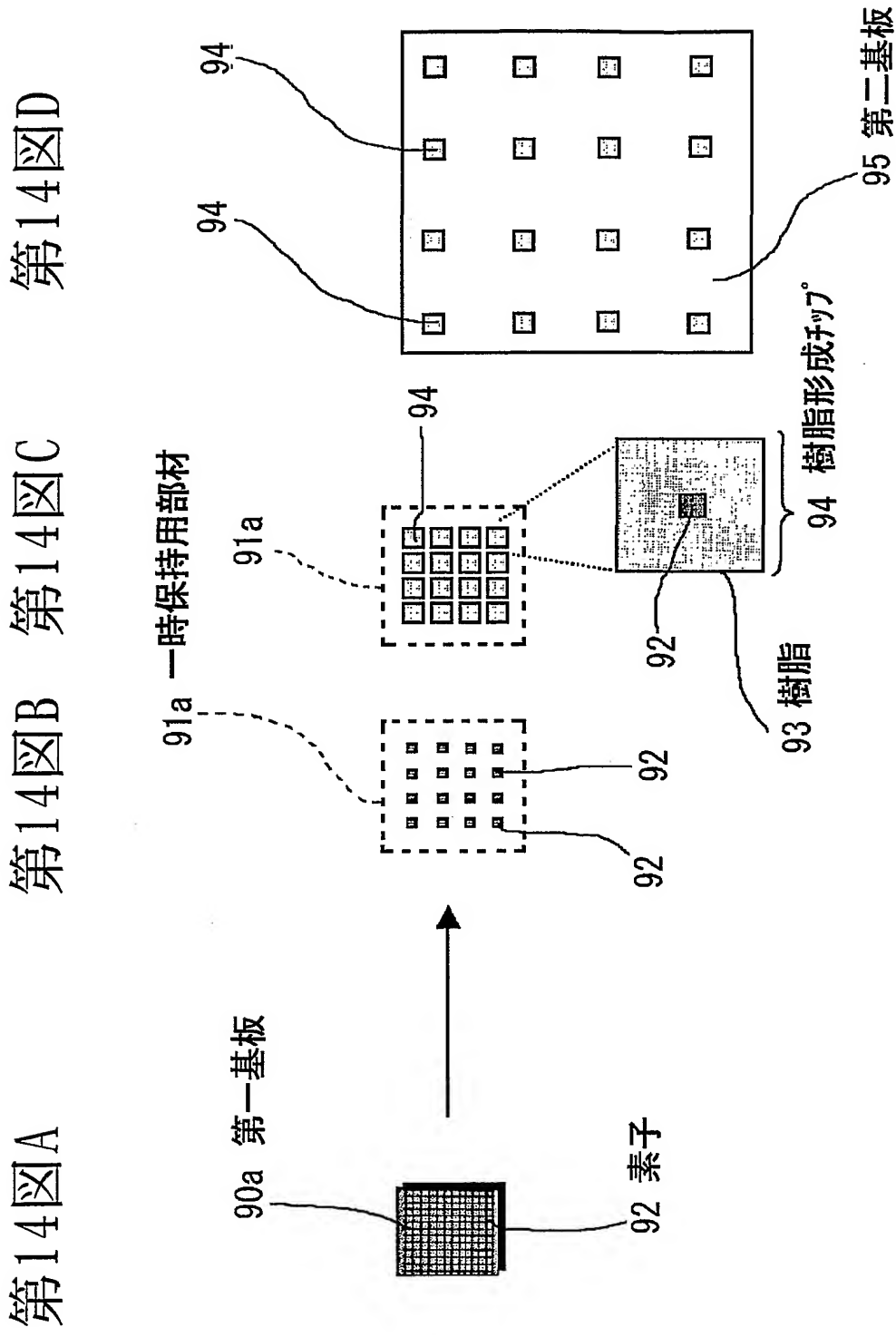


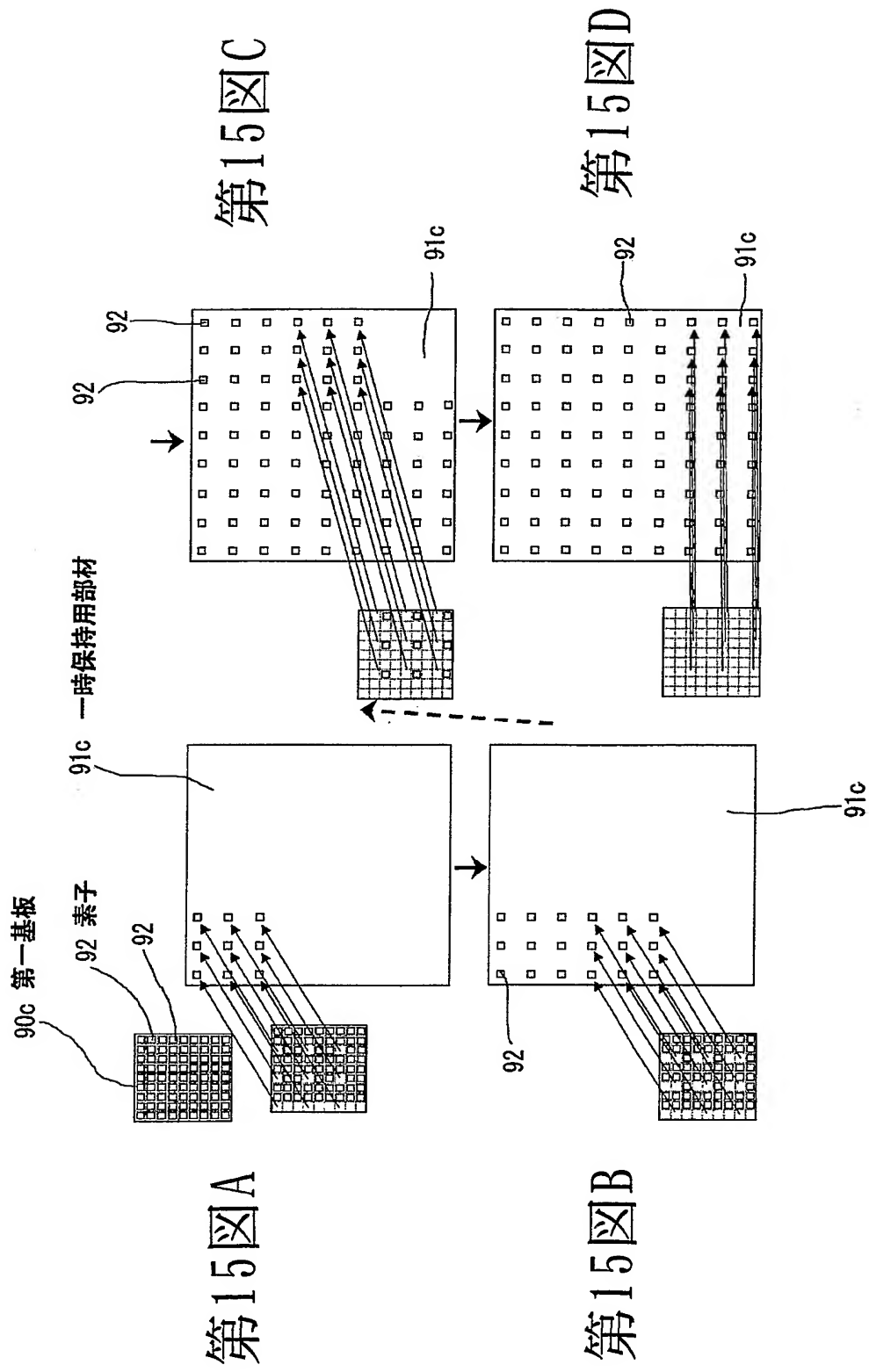


第12図

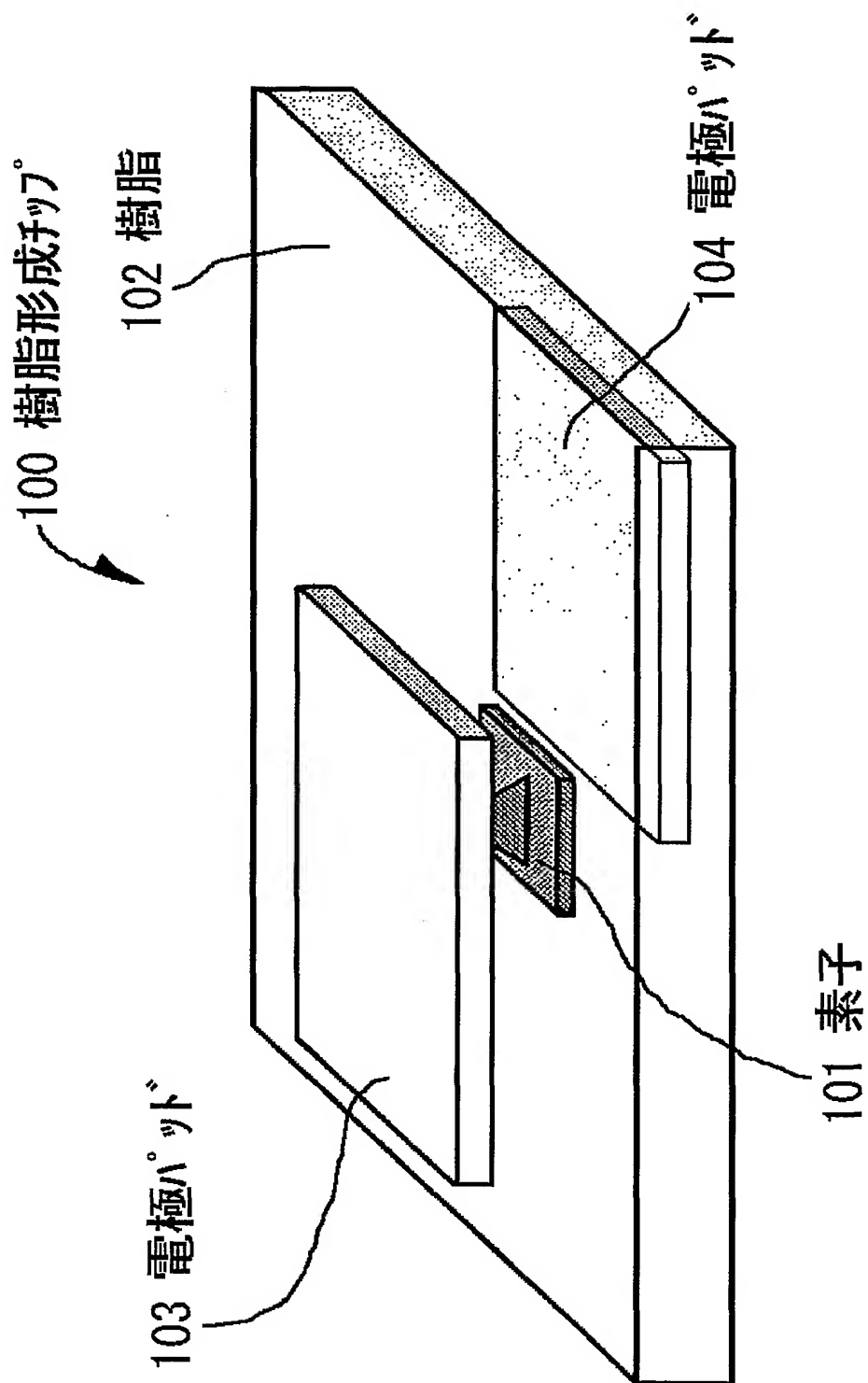




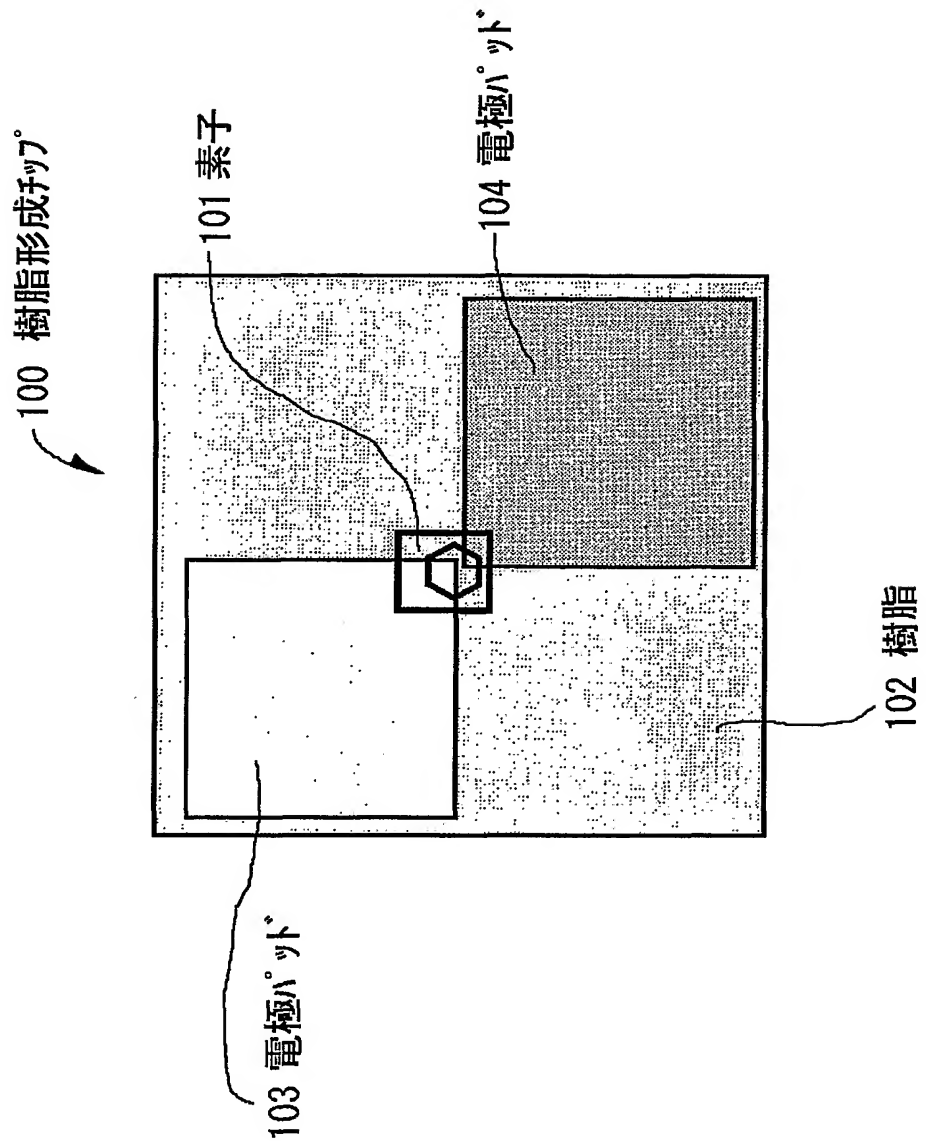




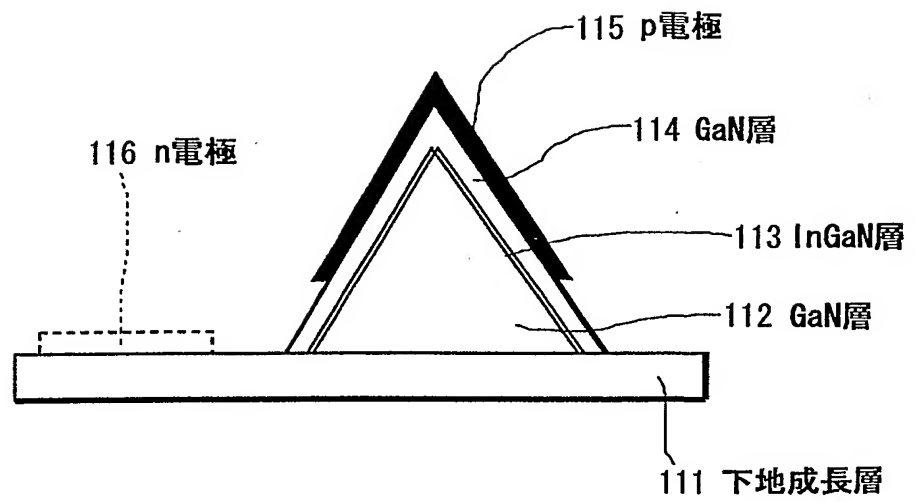
第16図



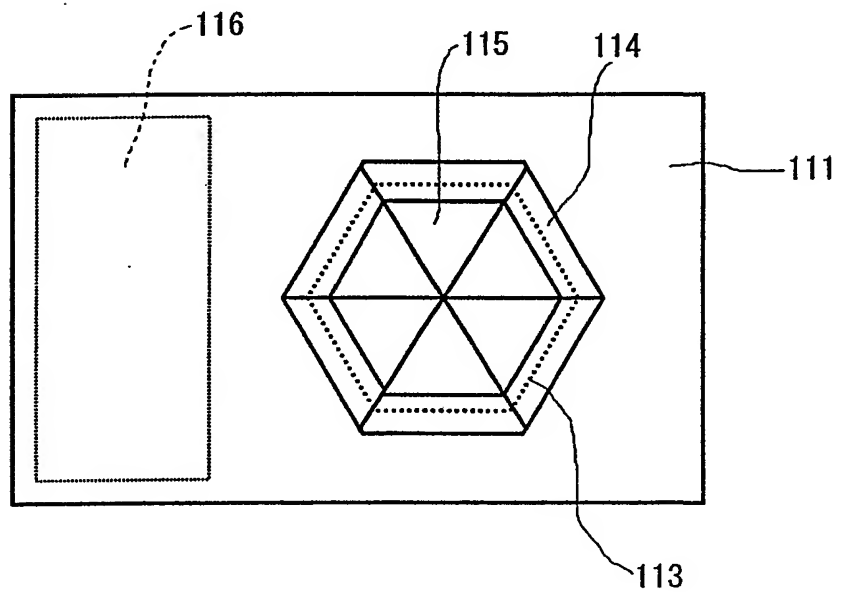
第17図



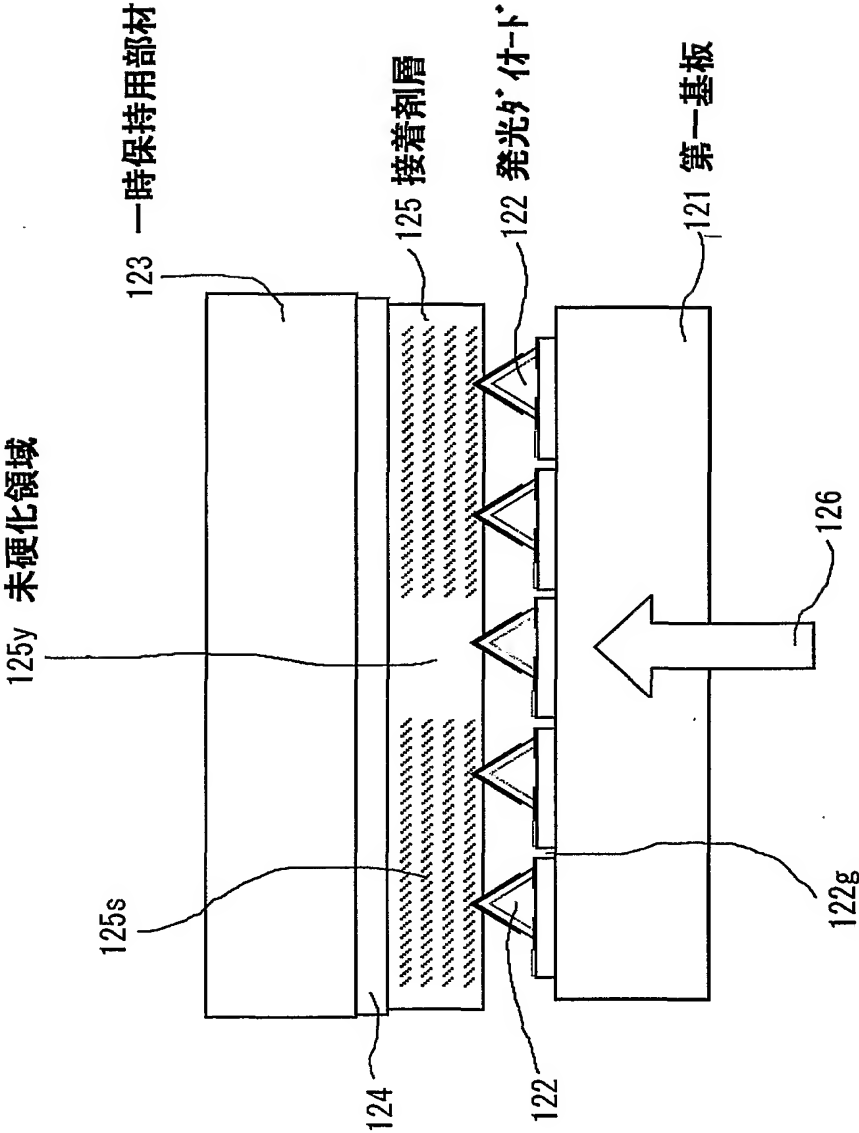
第 1 8 図 A



第 1 8 図 B

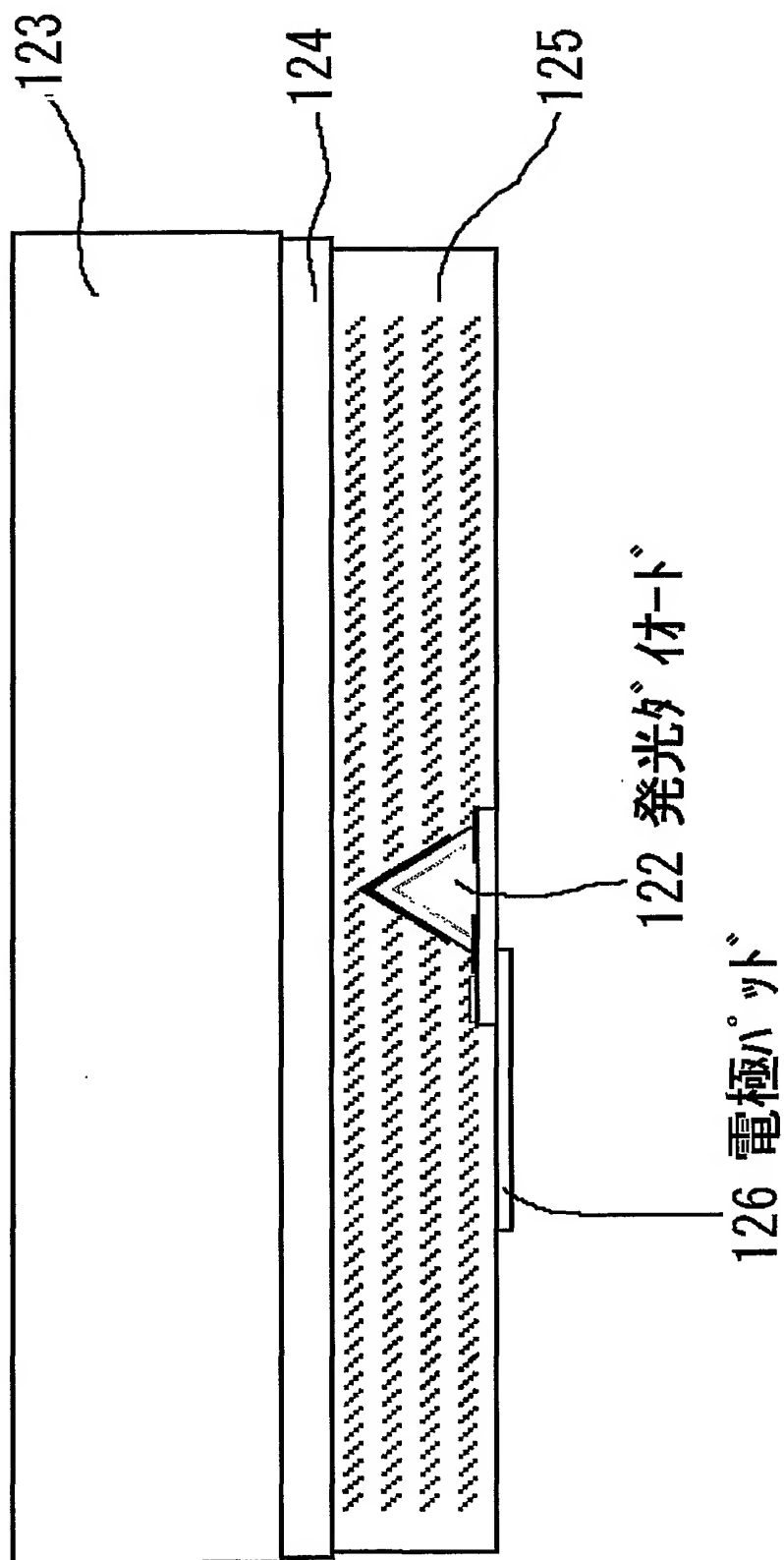


第19図

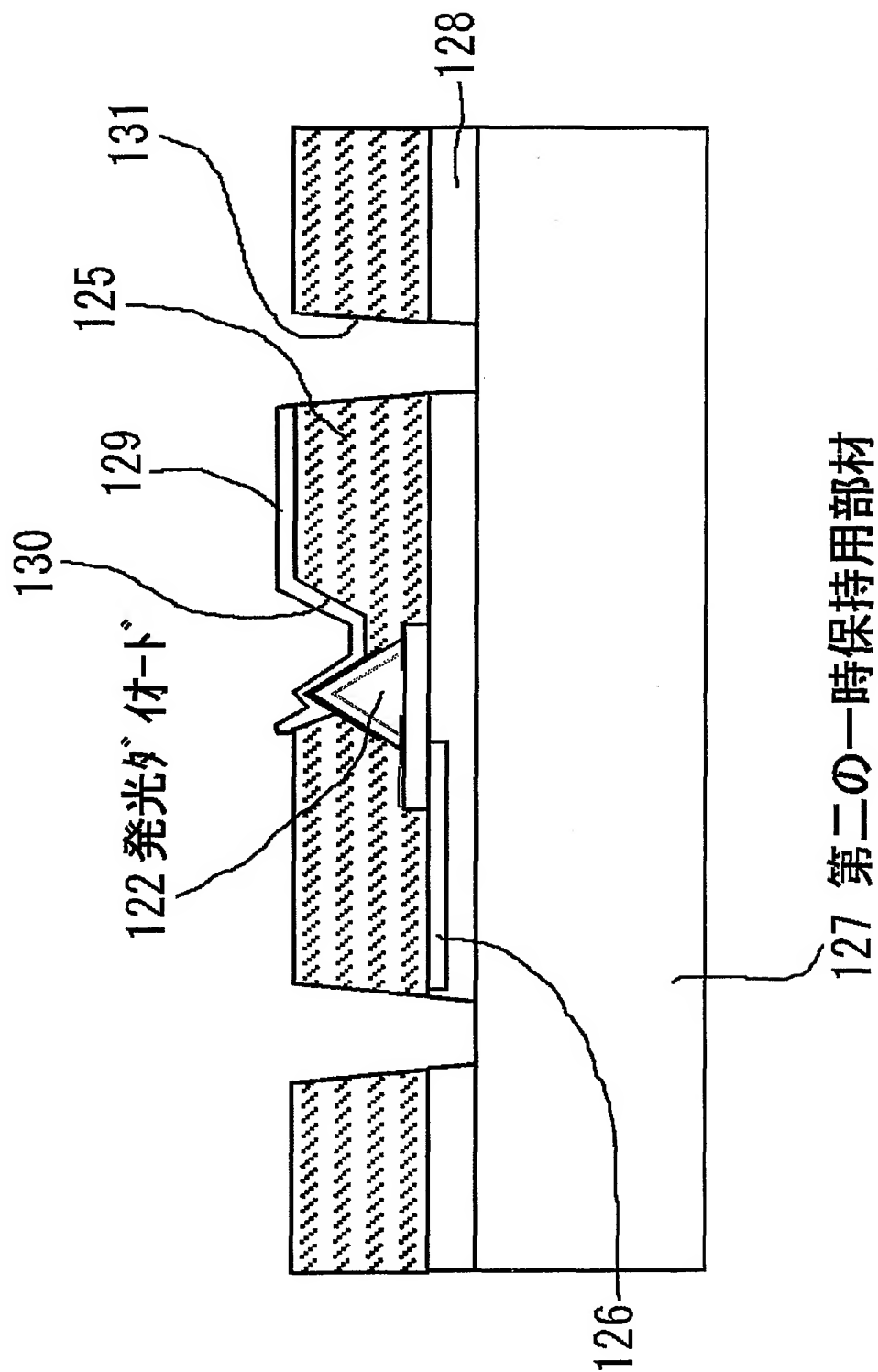




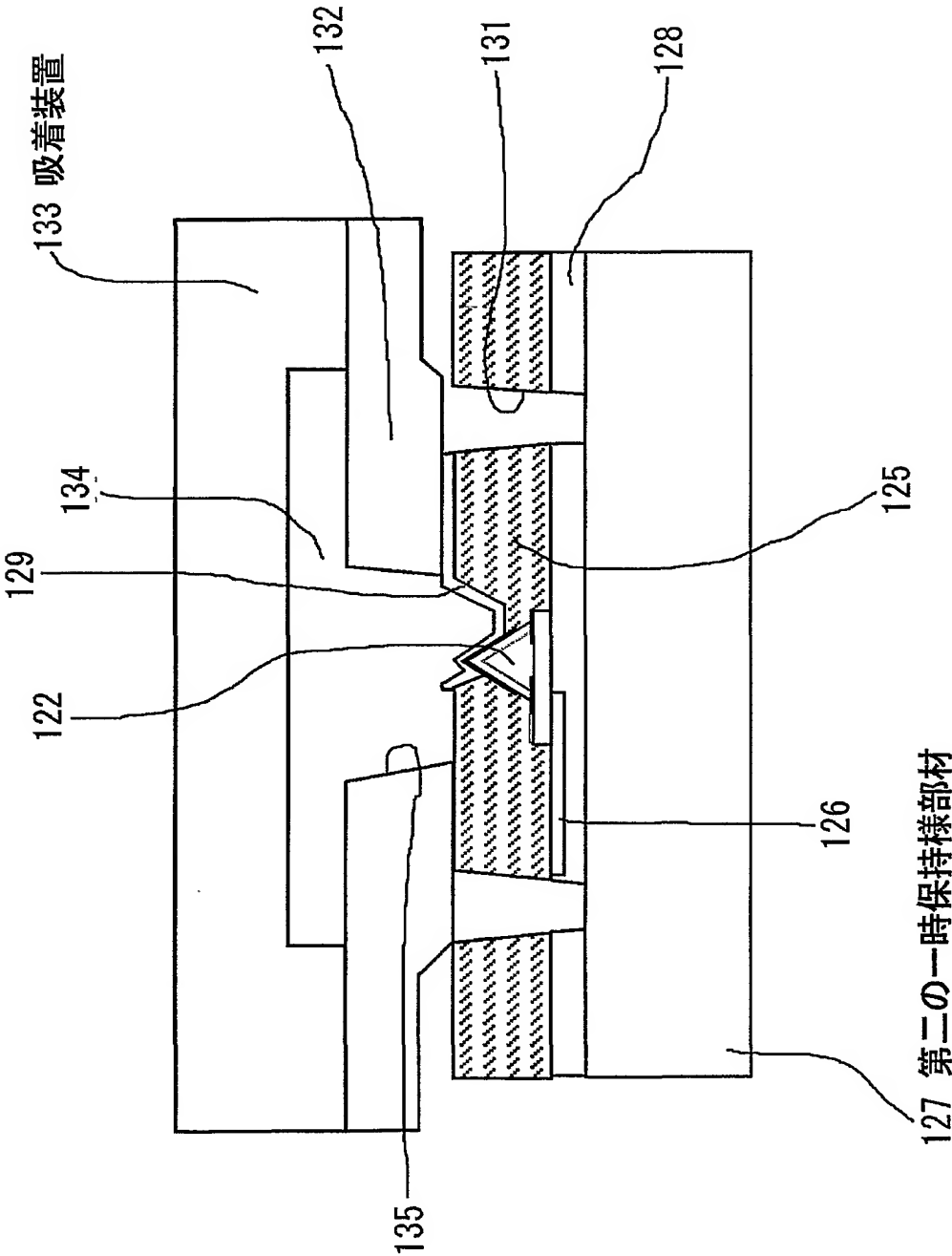
第20図



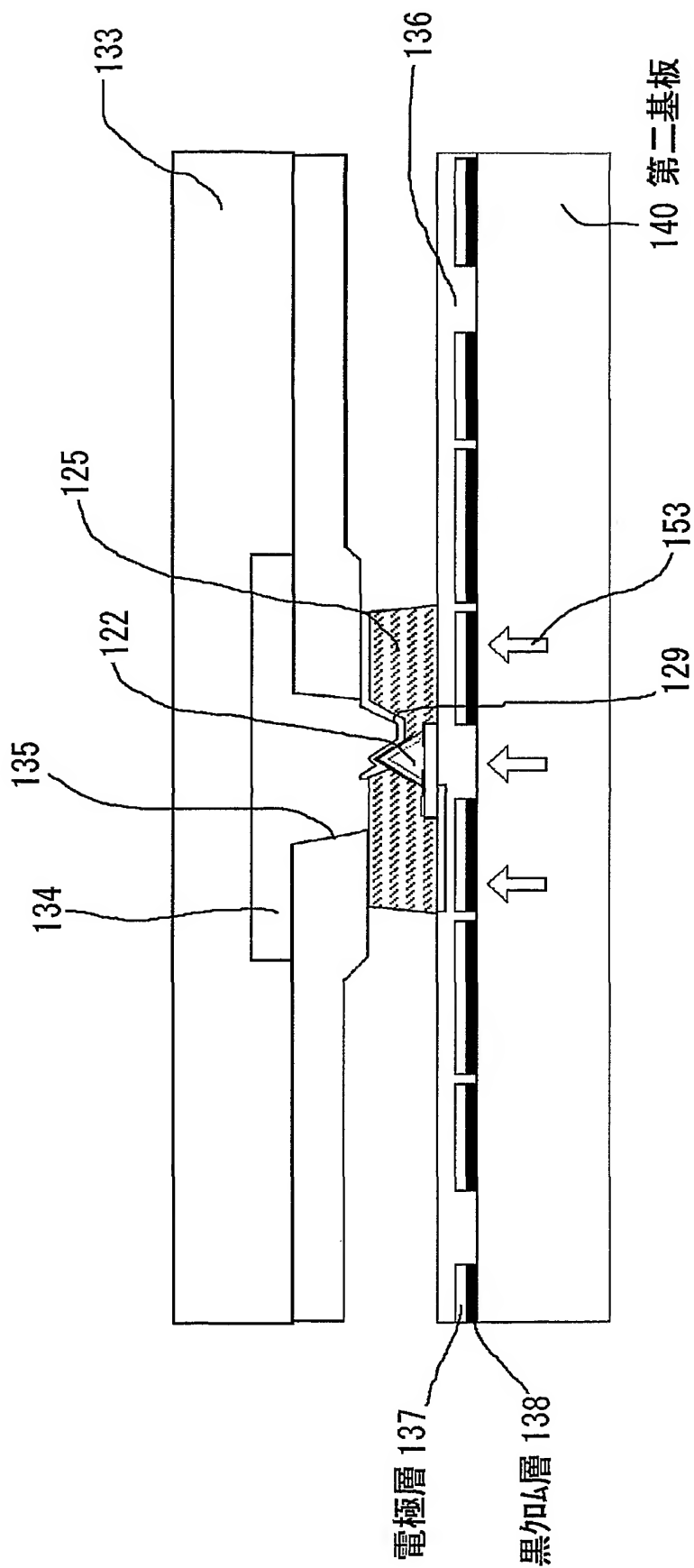
第21図



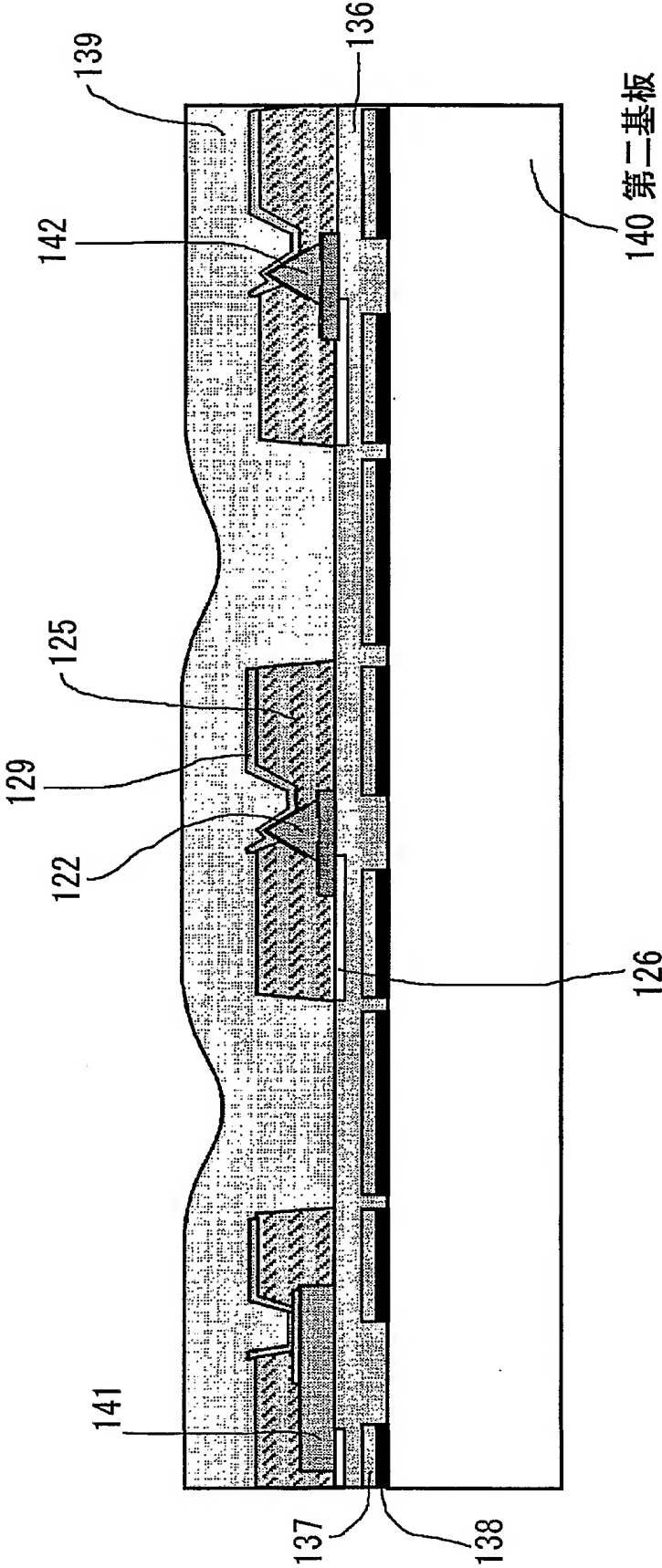
第 2 2 図



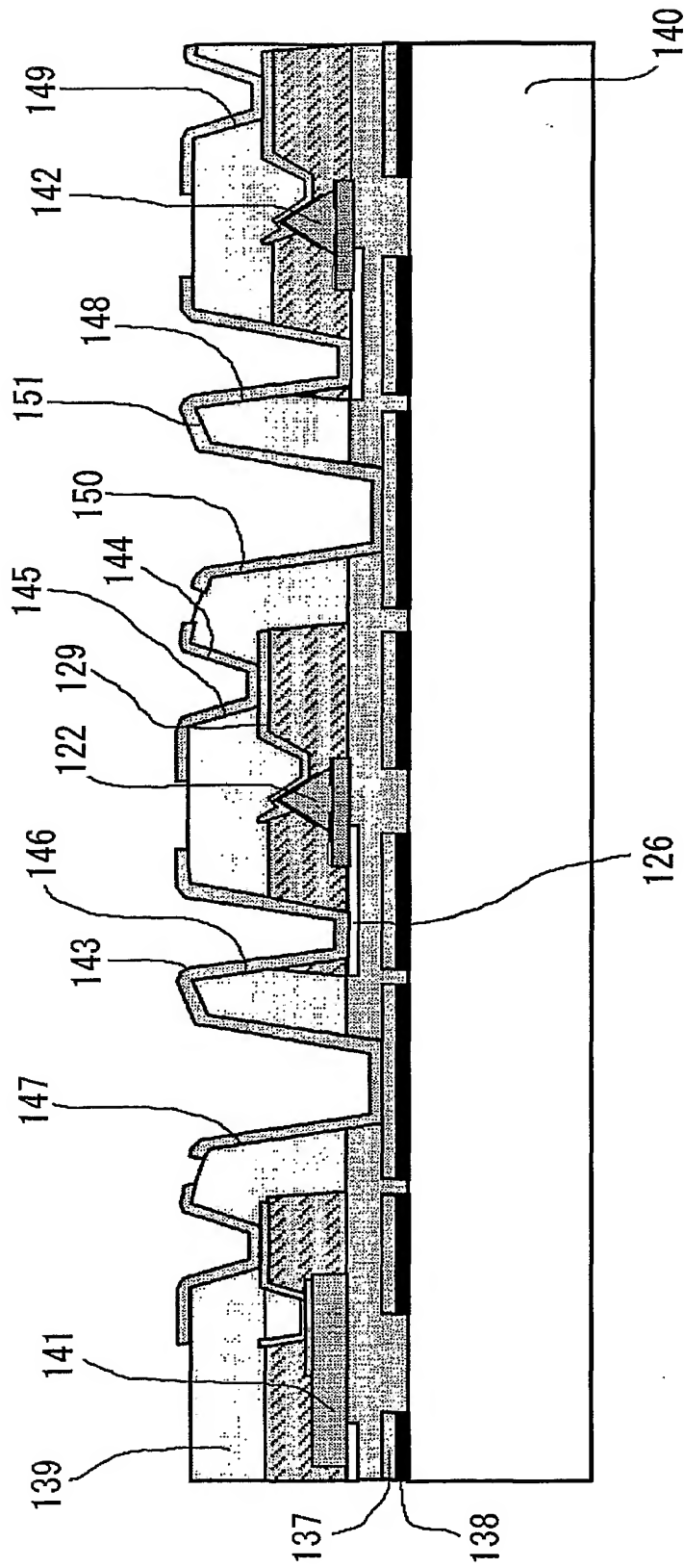
第23図



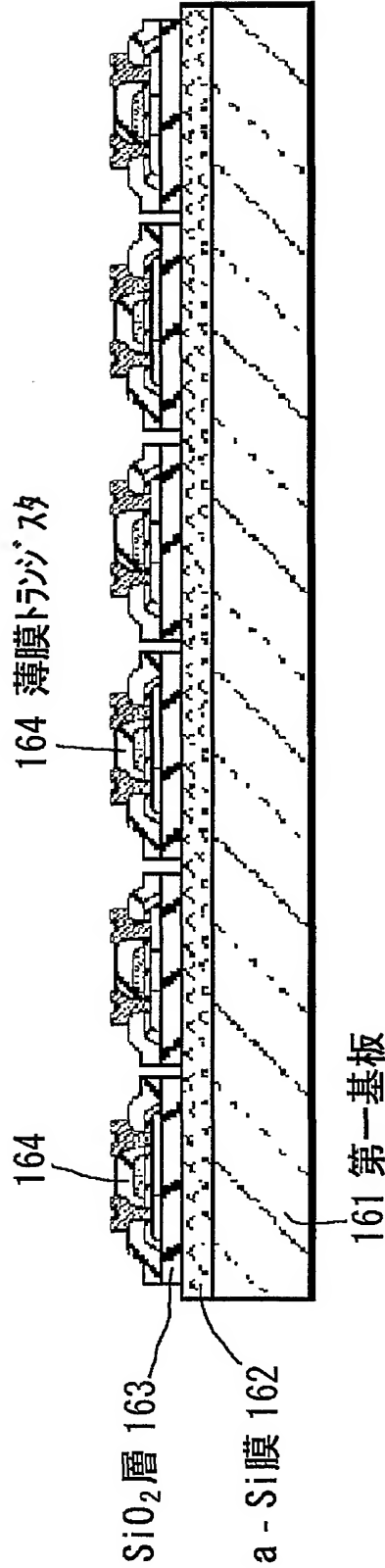
第24図



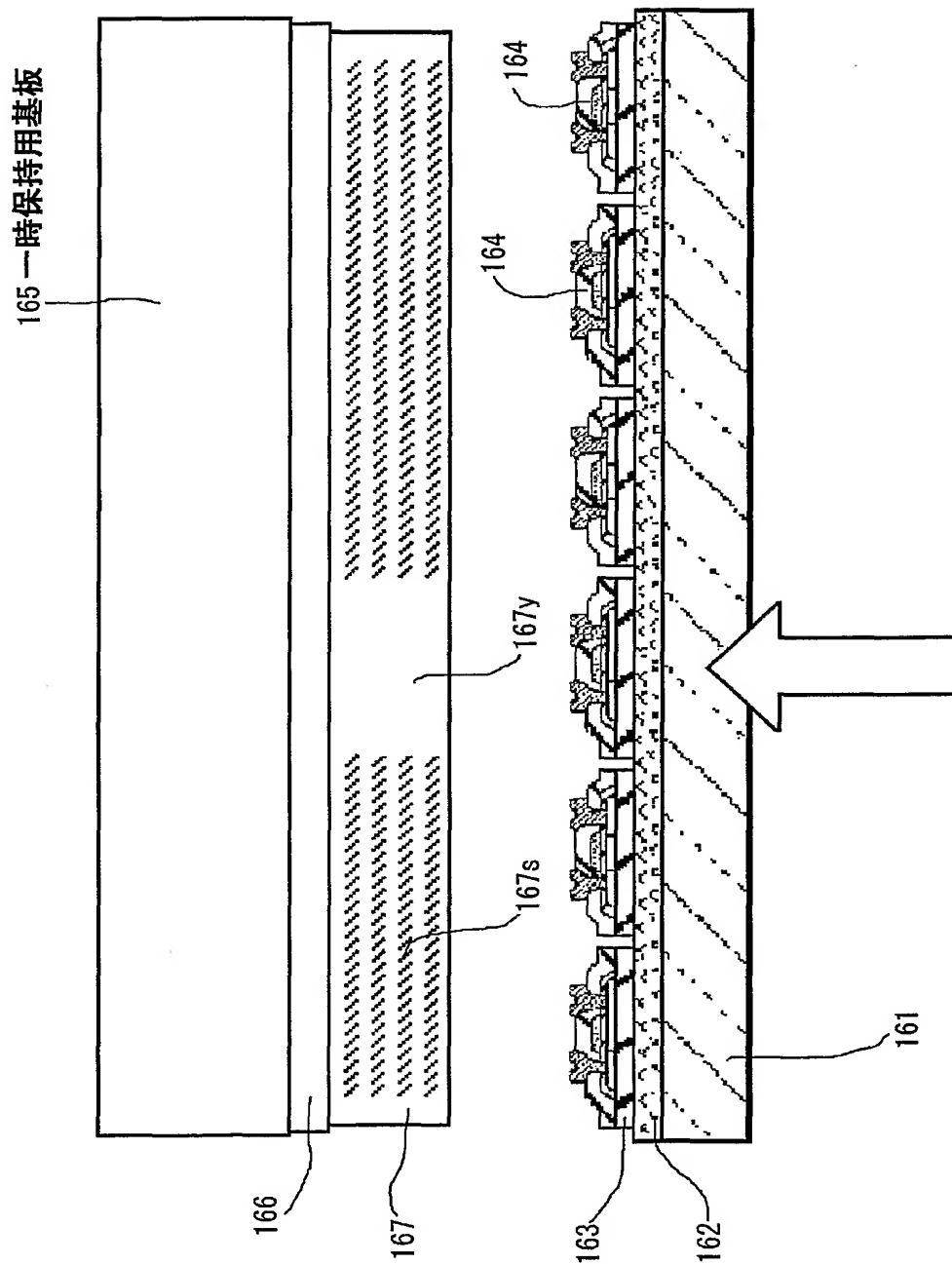
第25図



第26図

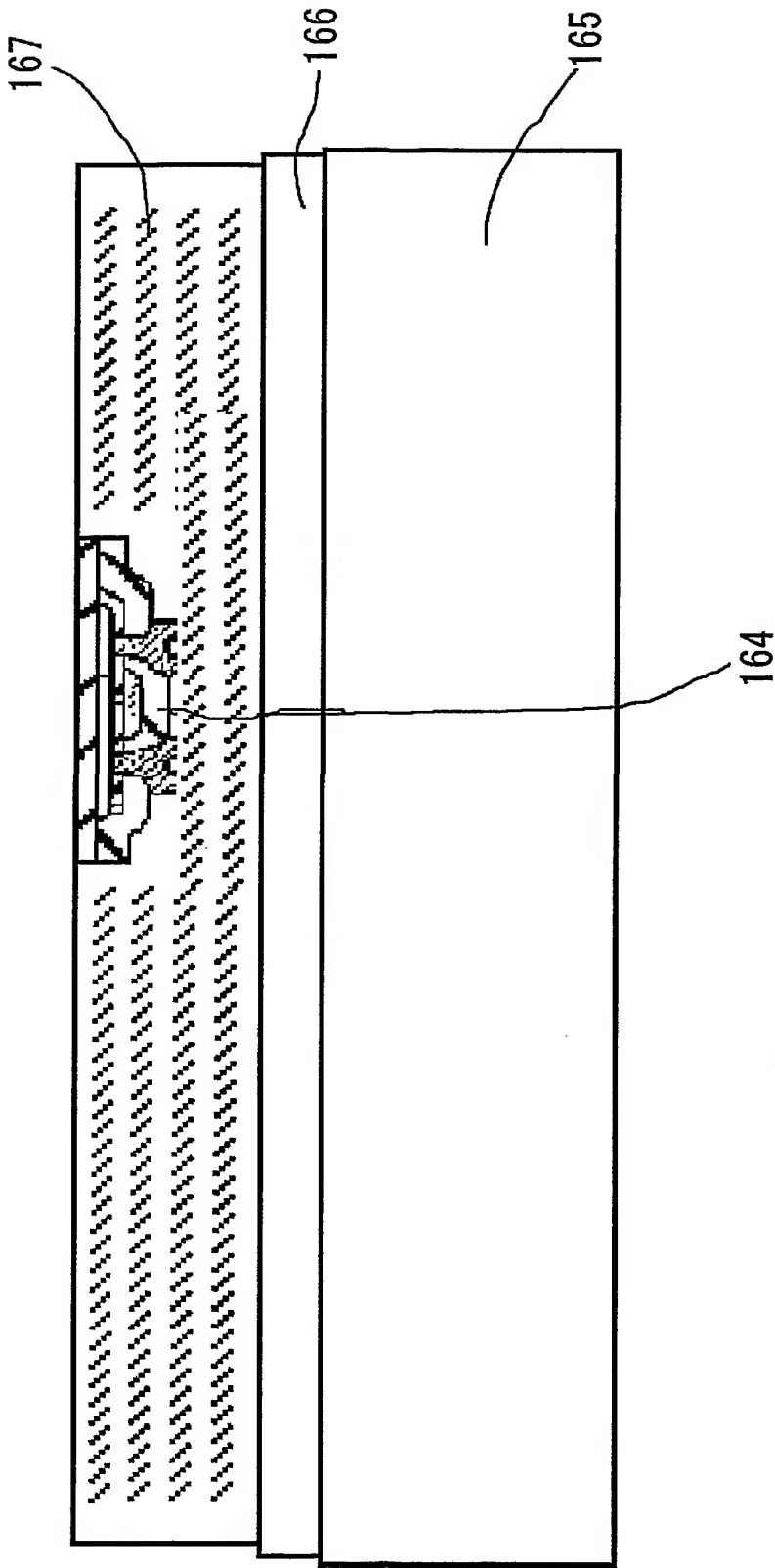


第 2 7 図

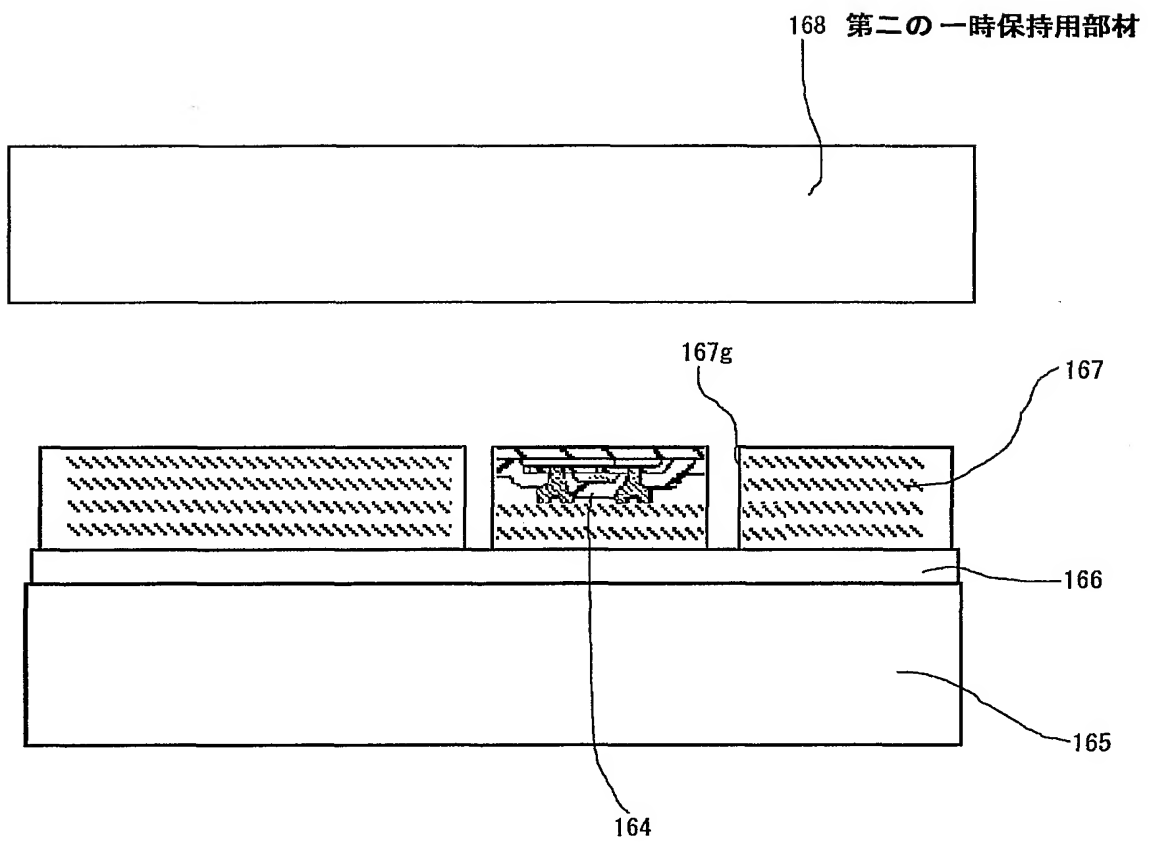




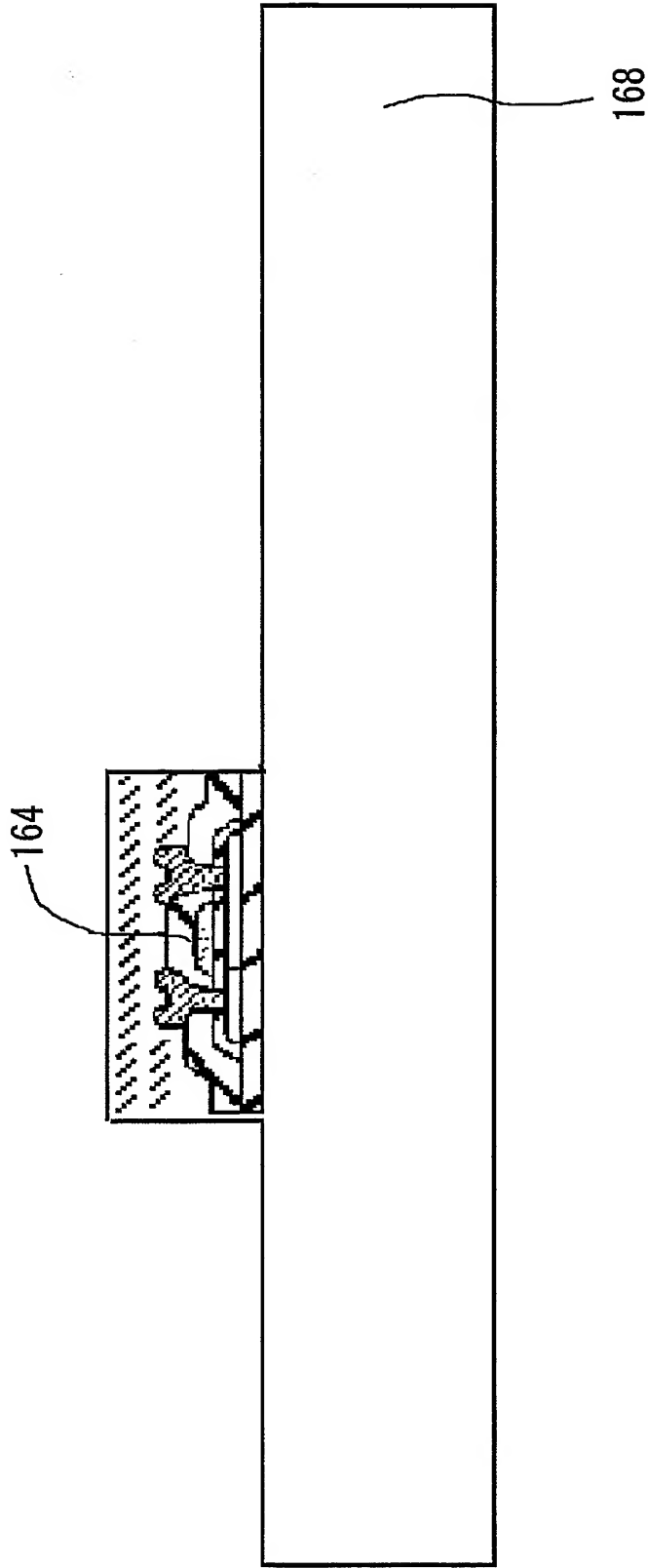
第 28 図



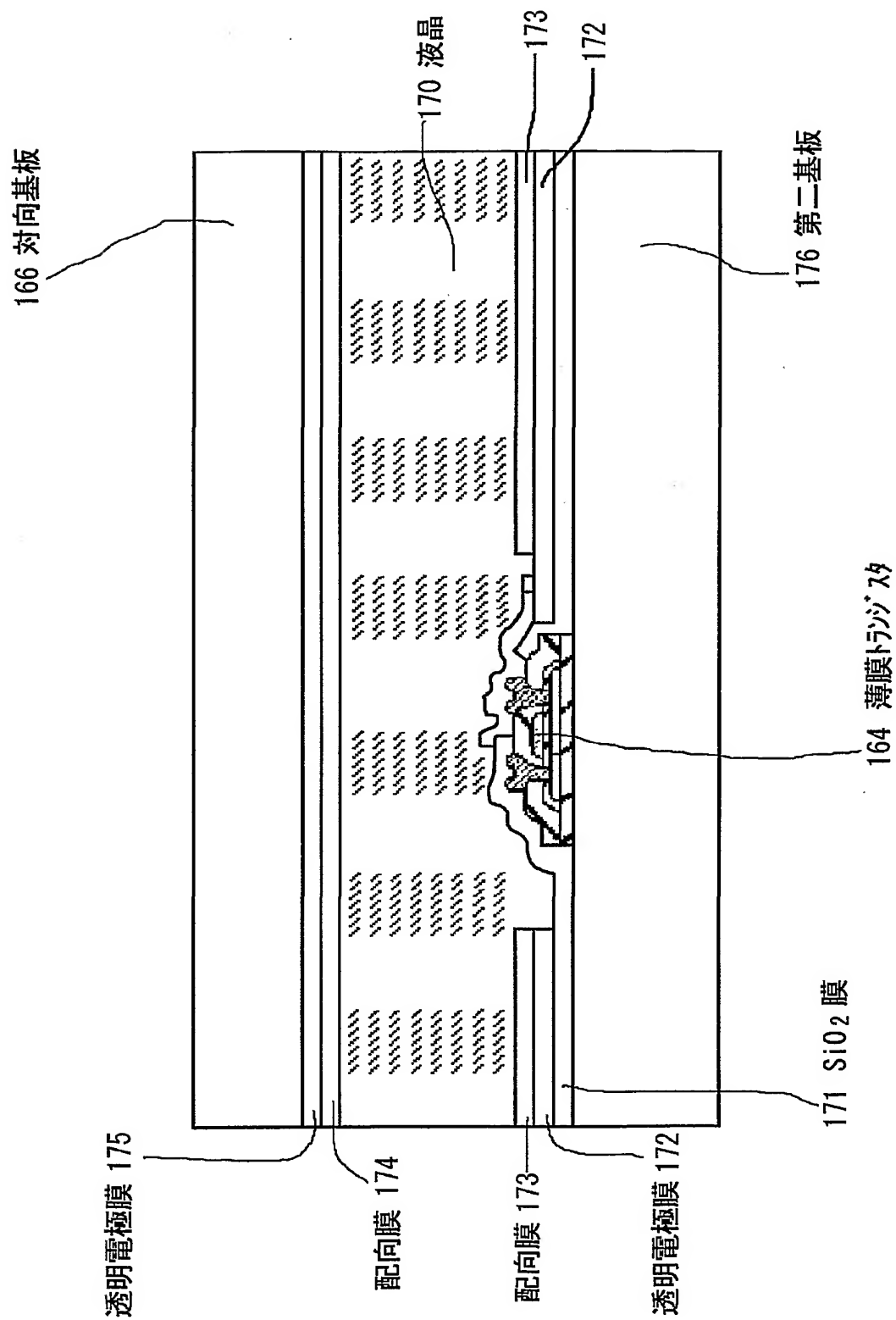
## 第 2 9 図



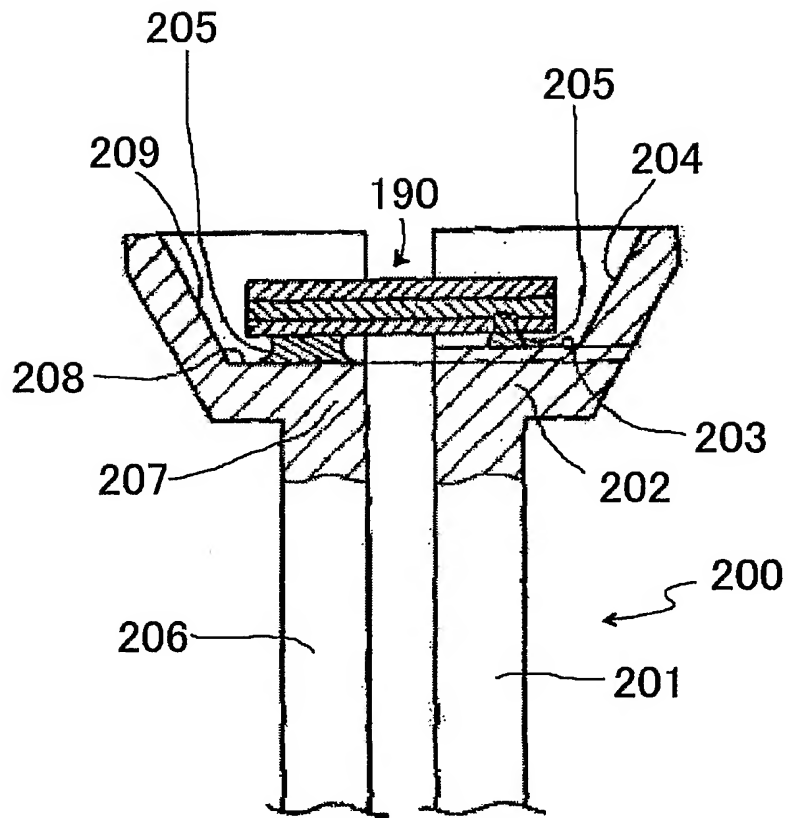
第 3 0 図



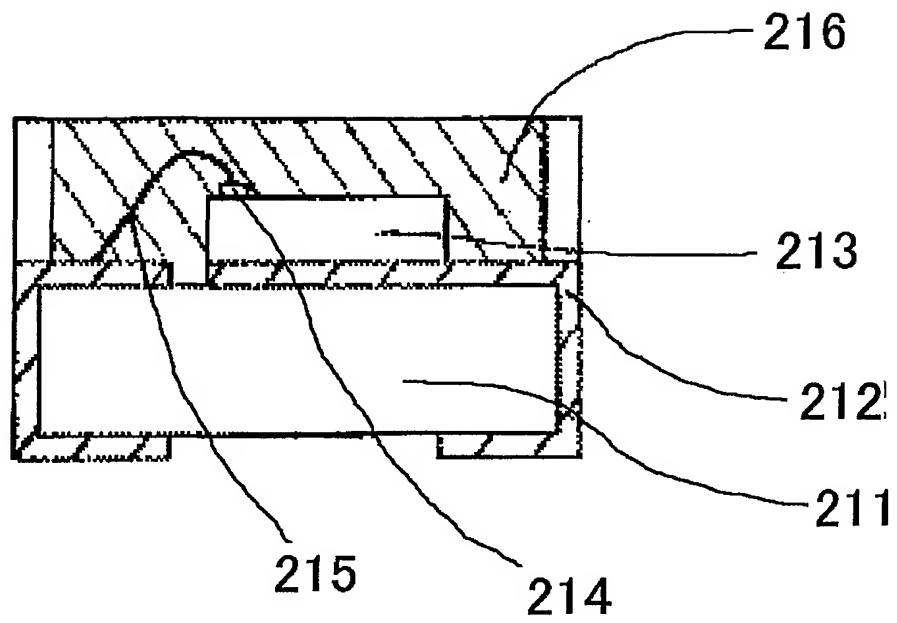
第31図



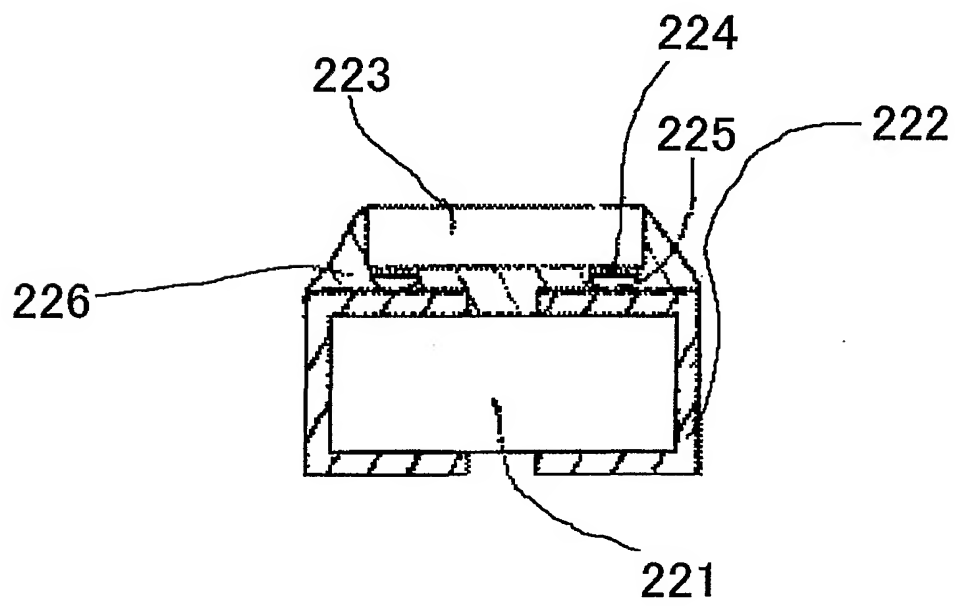
第 3 2 図



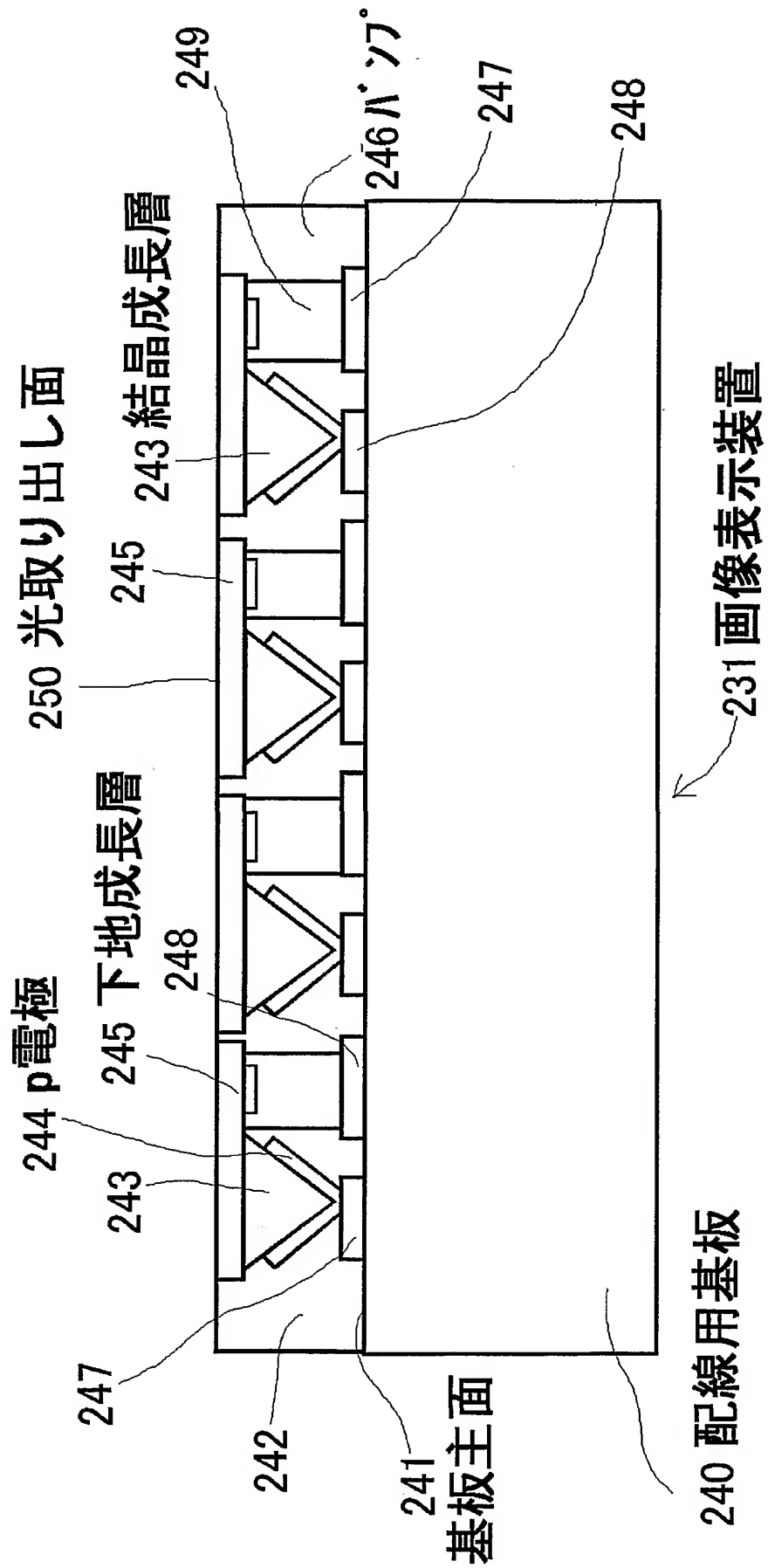
第 3 3 図

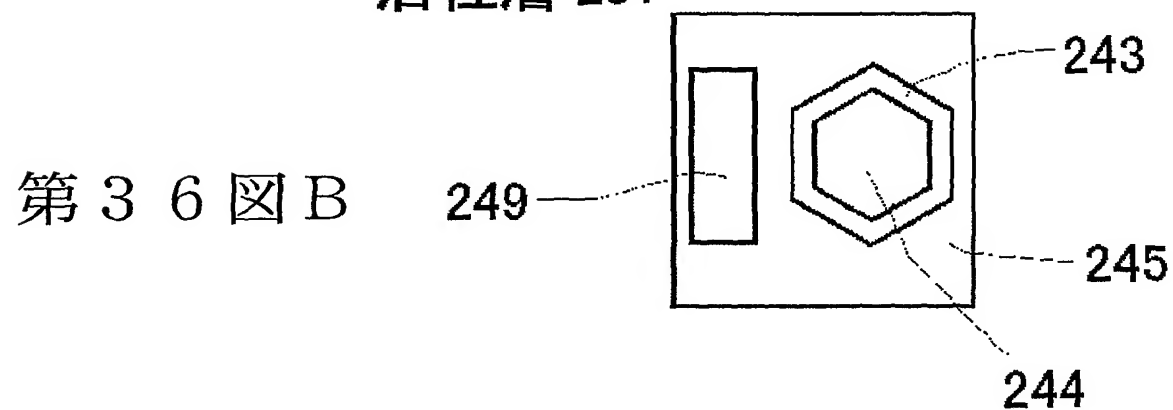
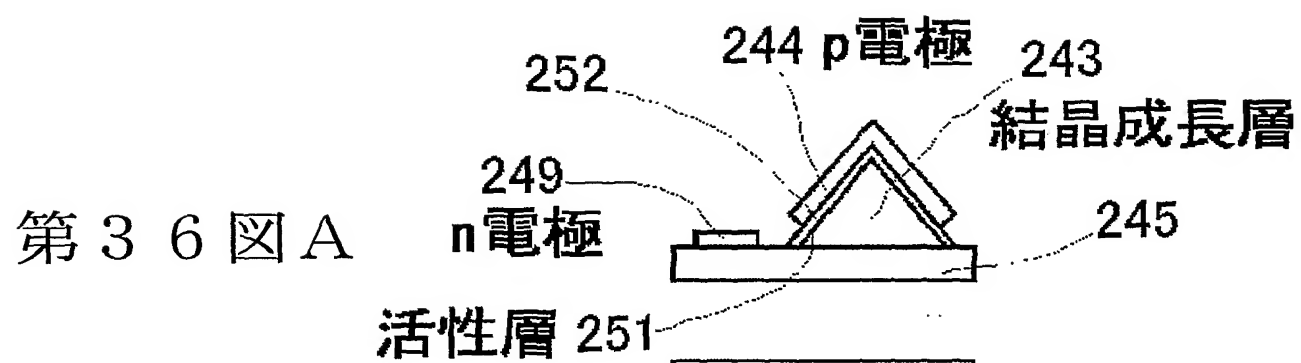


第 3 4 図



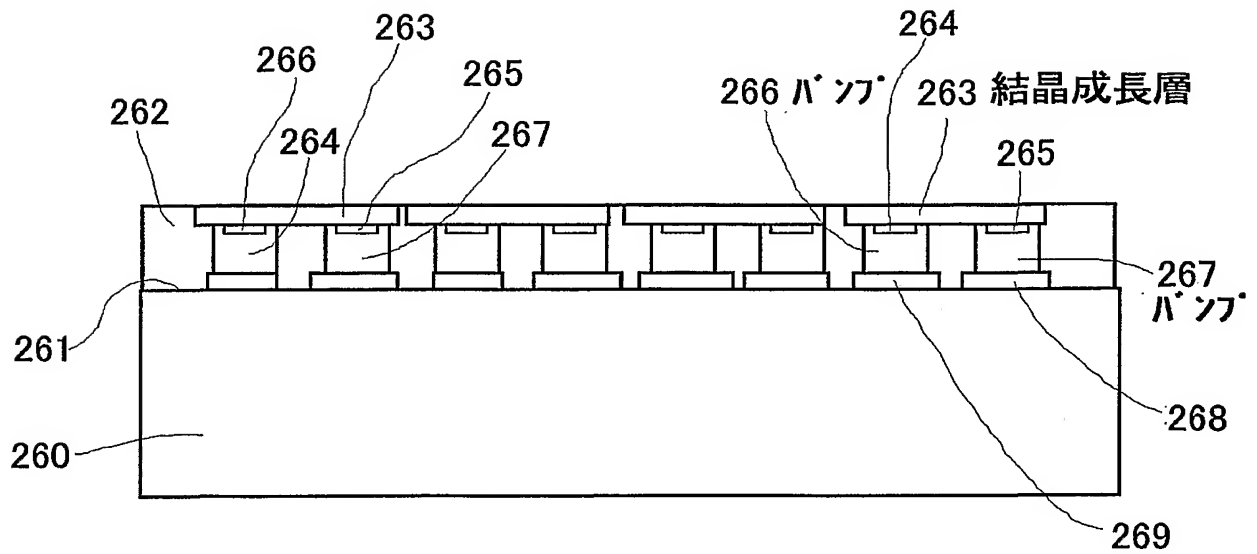
第 35 回



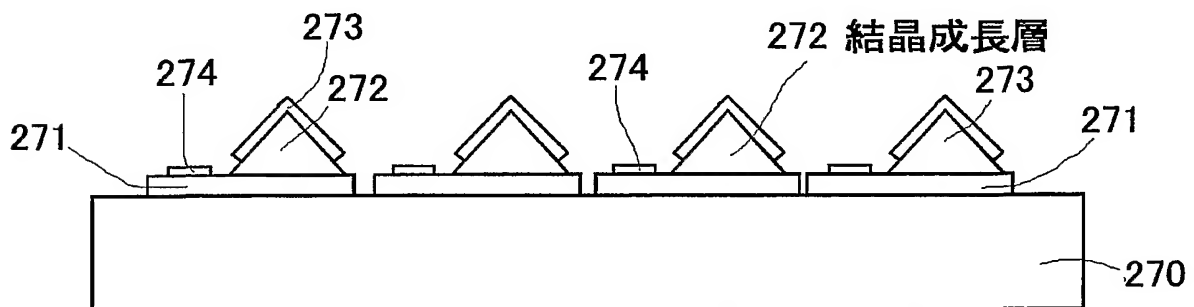




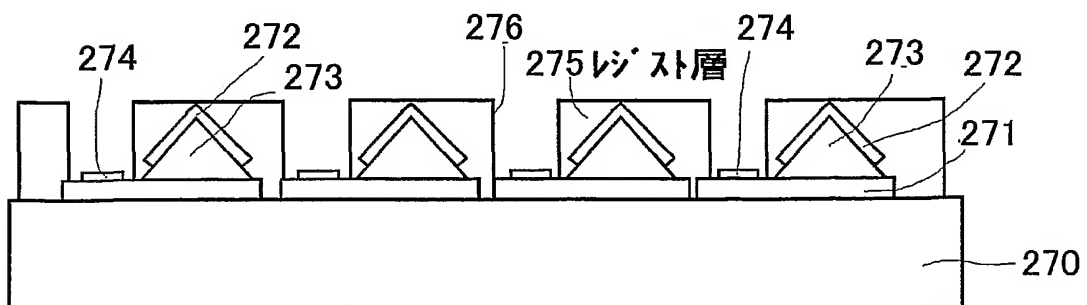
第 37 図



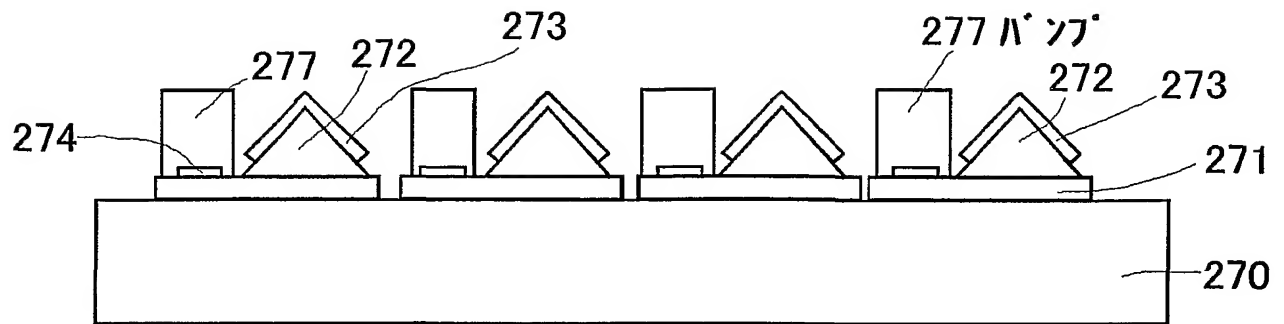
第 38 図



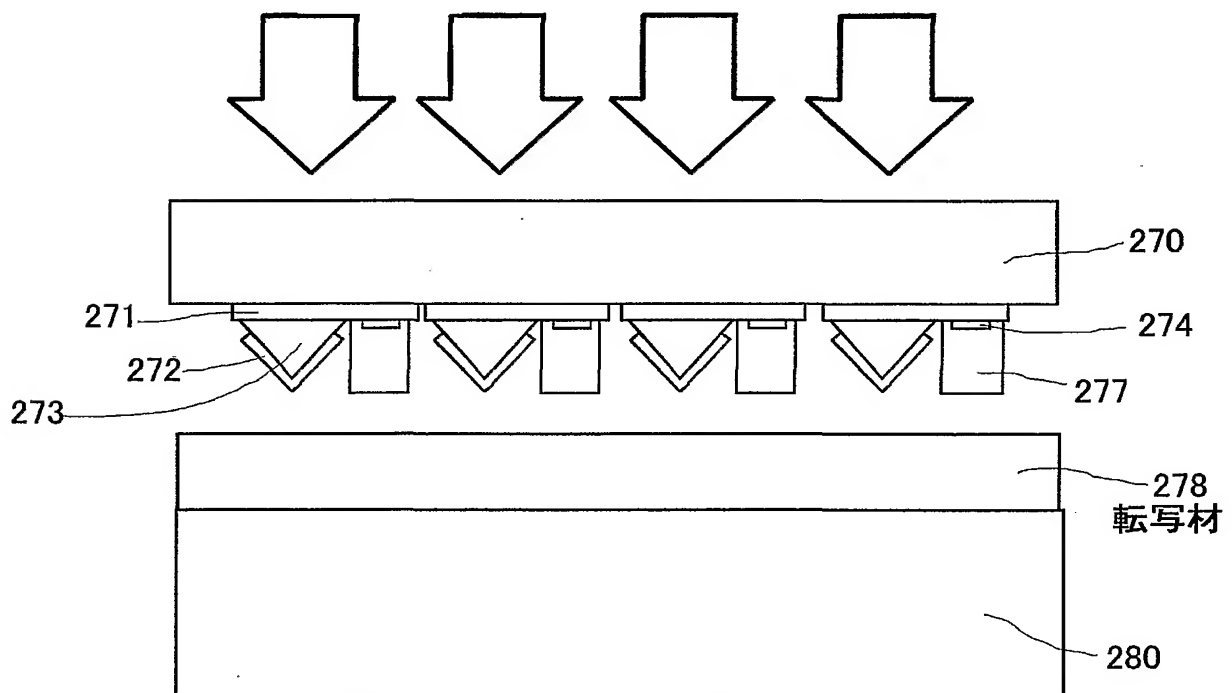
第 39 図



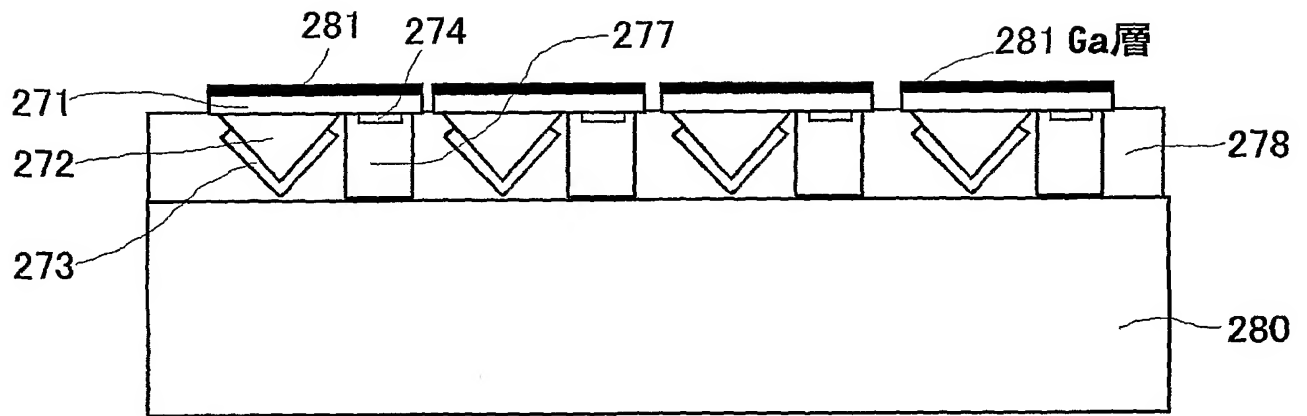
第 4 0 図



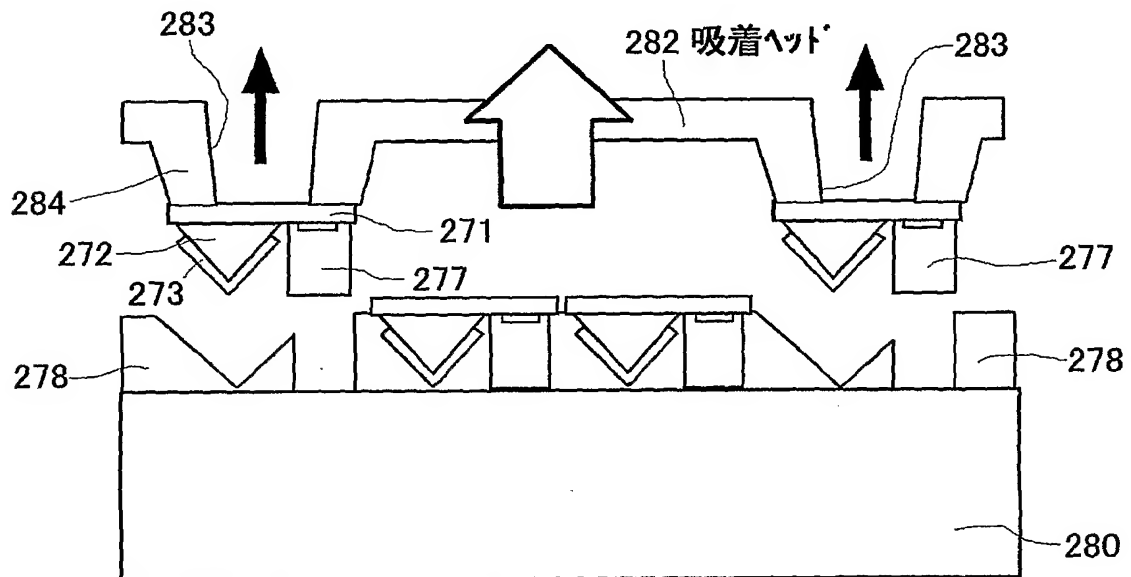
第 4 1 図



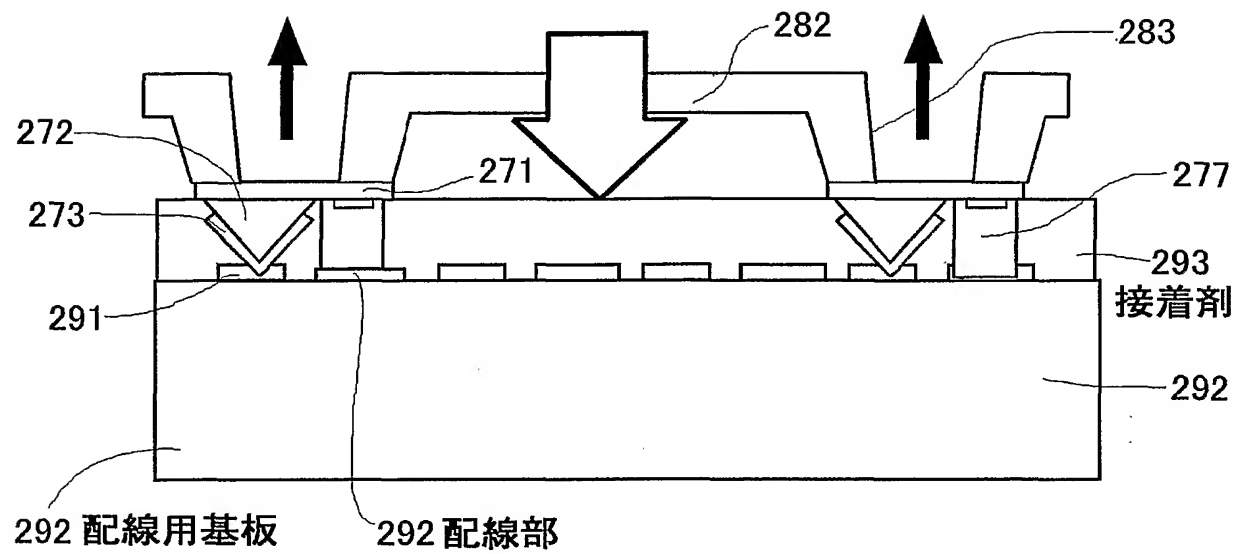
第 4 2 図



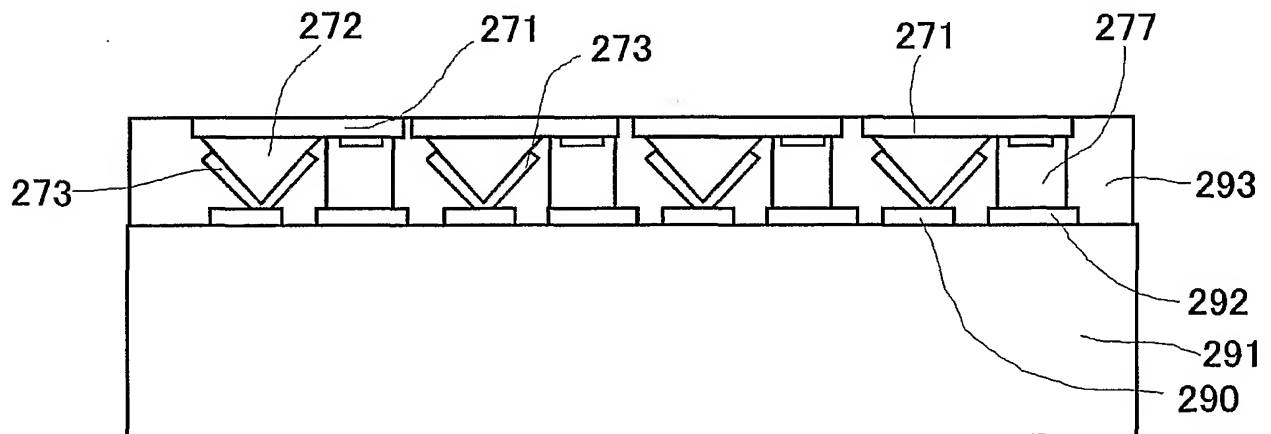
第 4 3 図



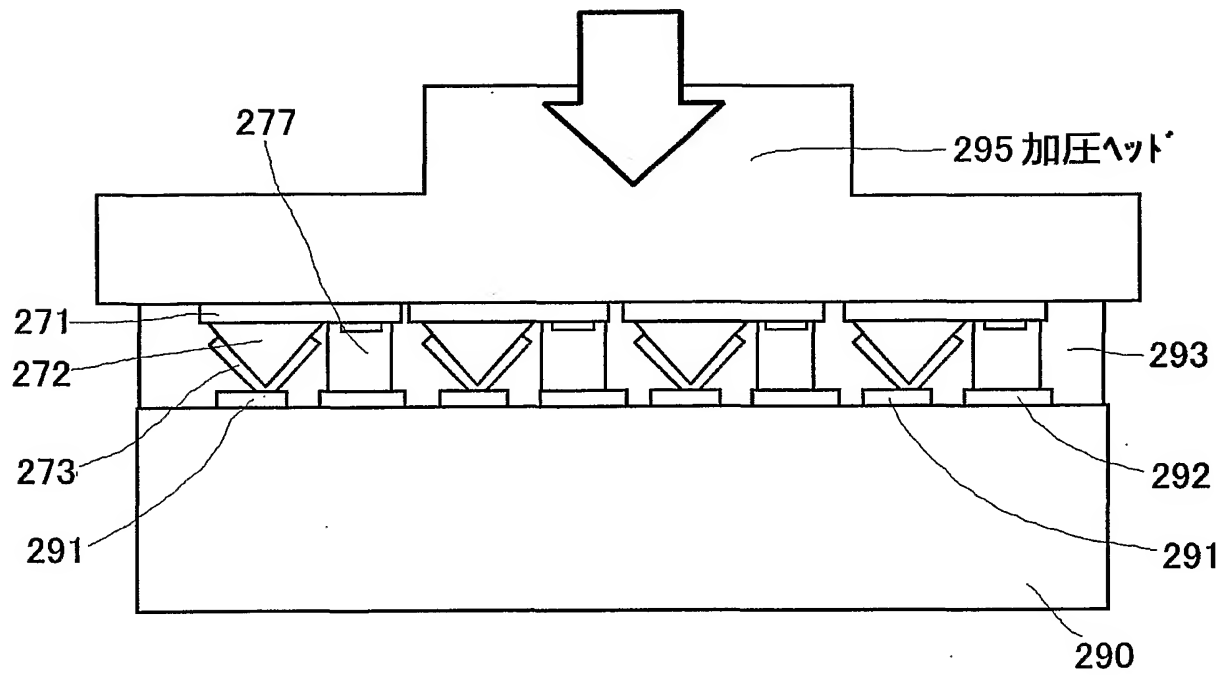
第 4 4 図



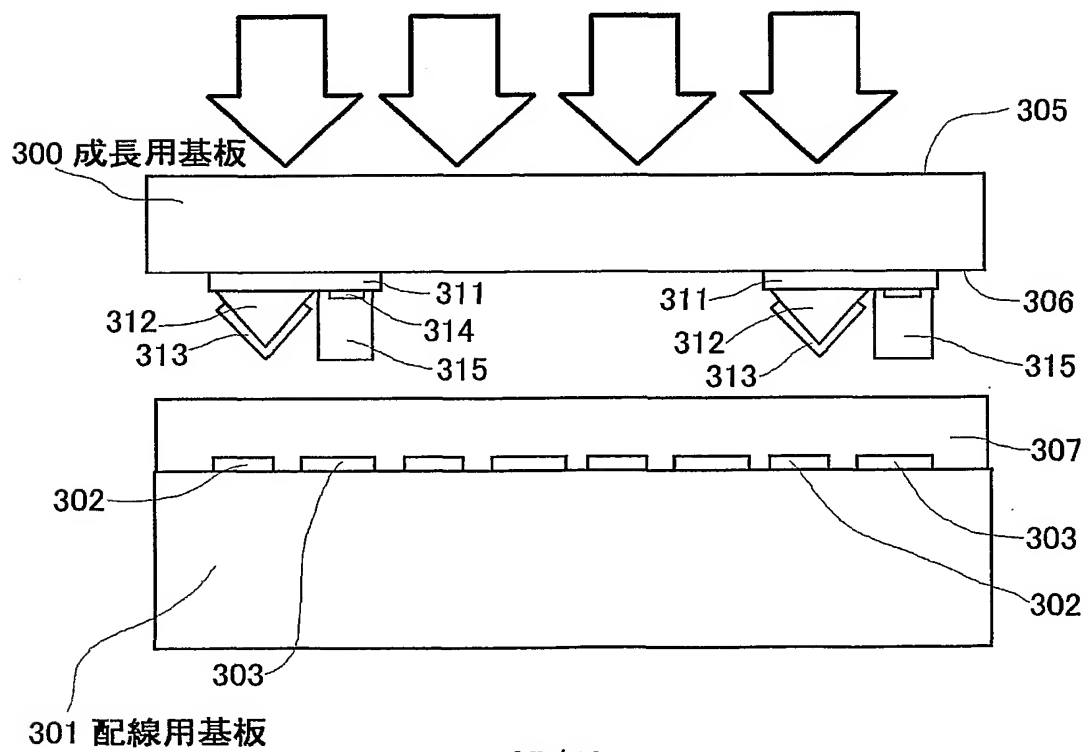
第 4 5 図



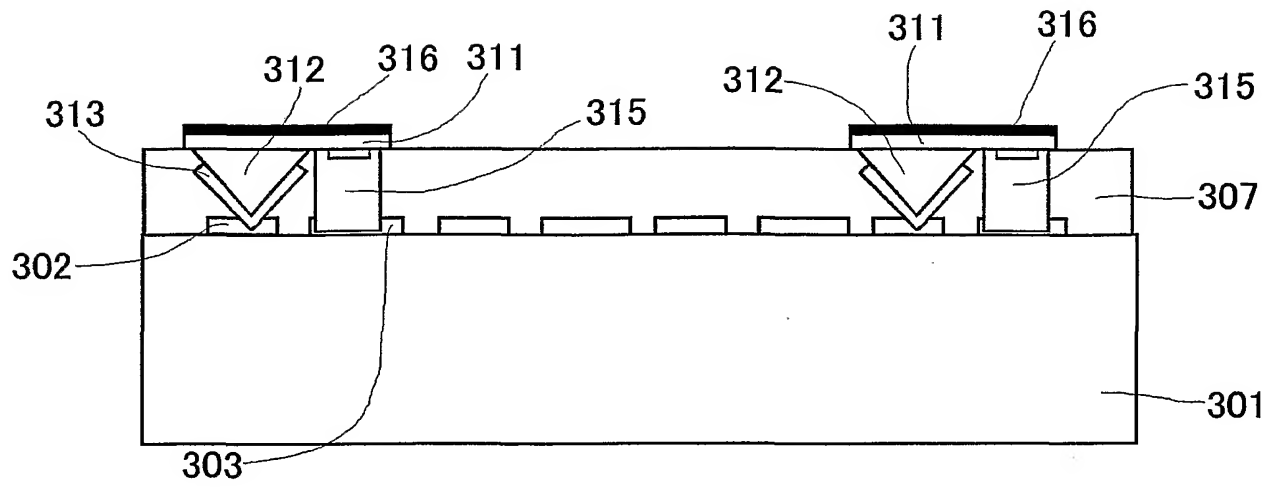
第 4 6 図



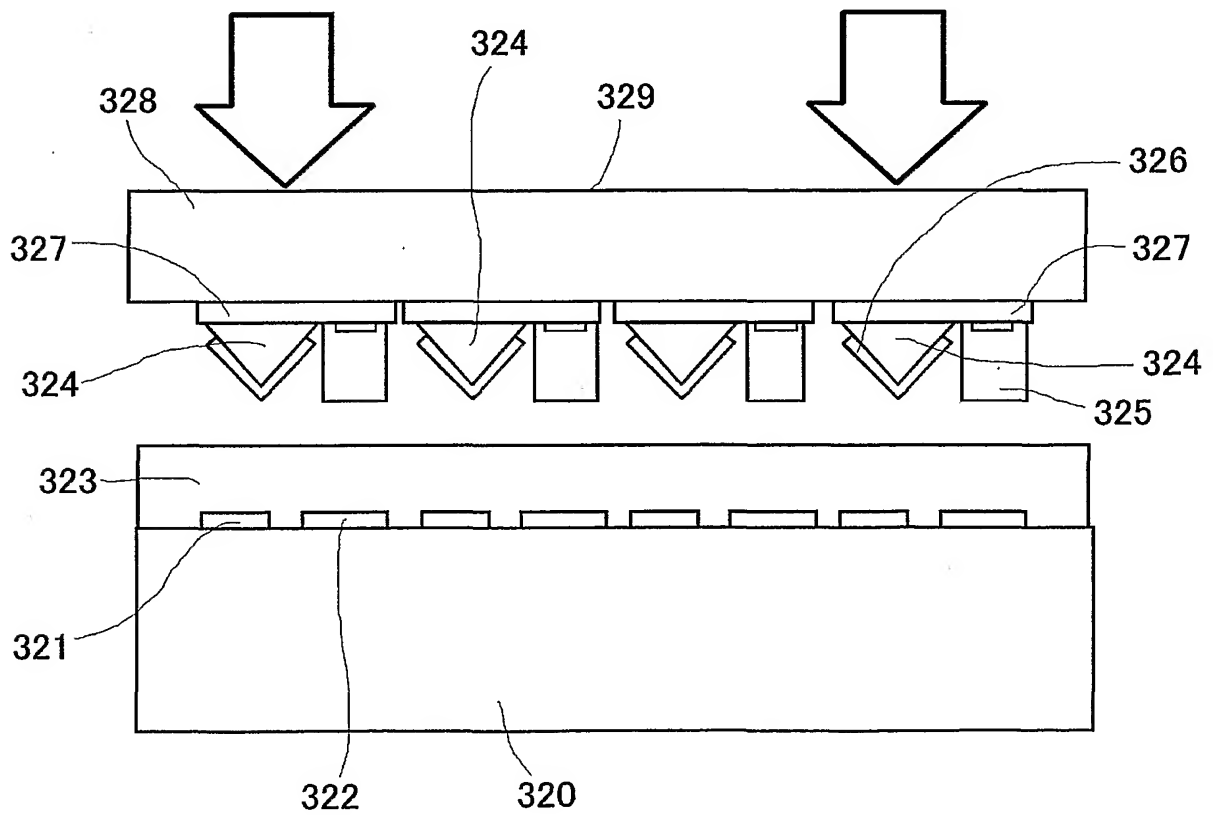
第 4 7 図



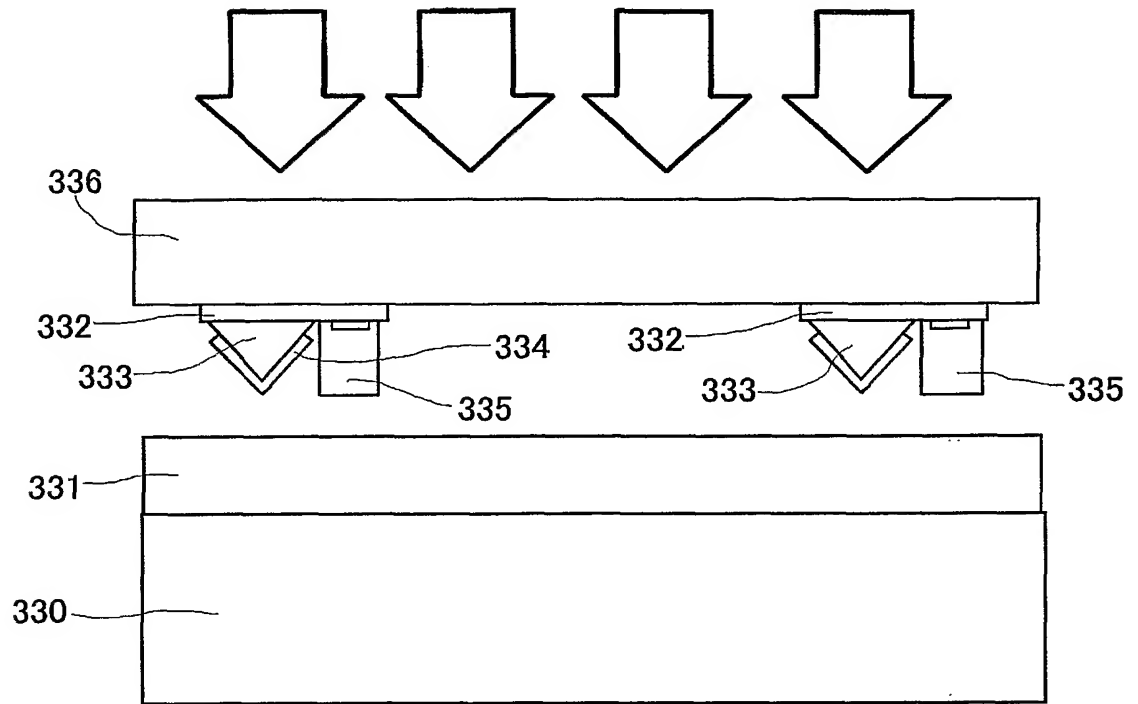
第 4 8 図



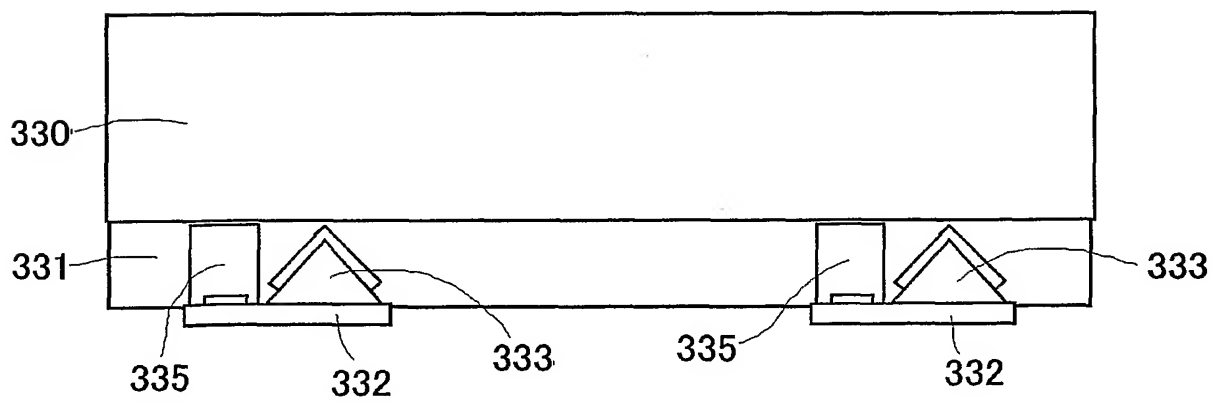
第 4 9 図



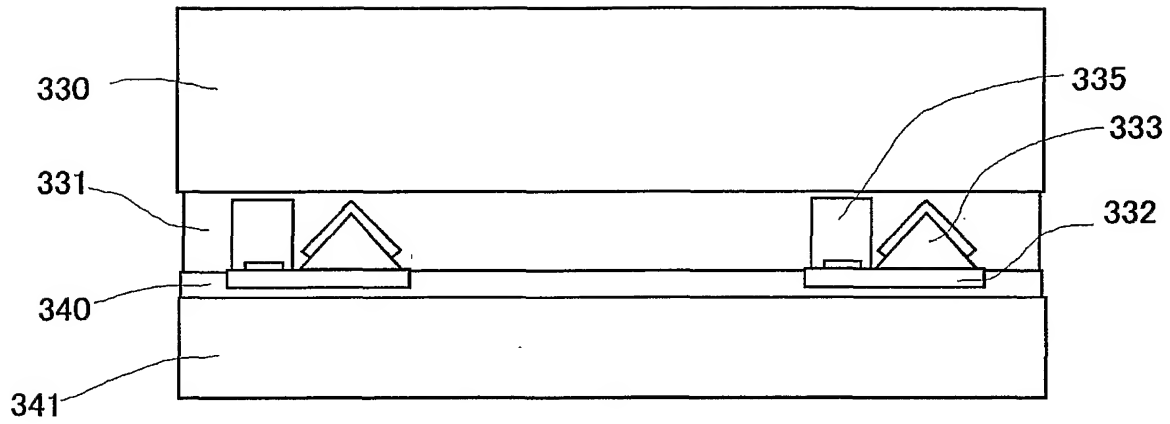
第 5 0 図



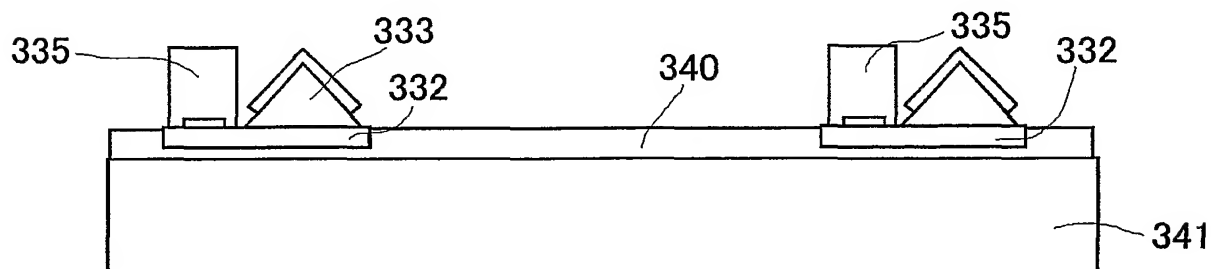
第 5 1 図



第 5 2 図

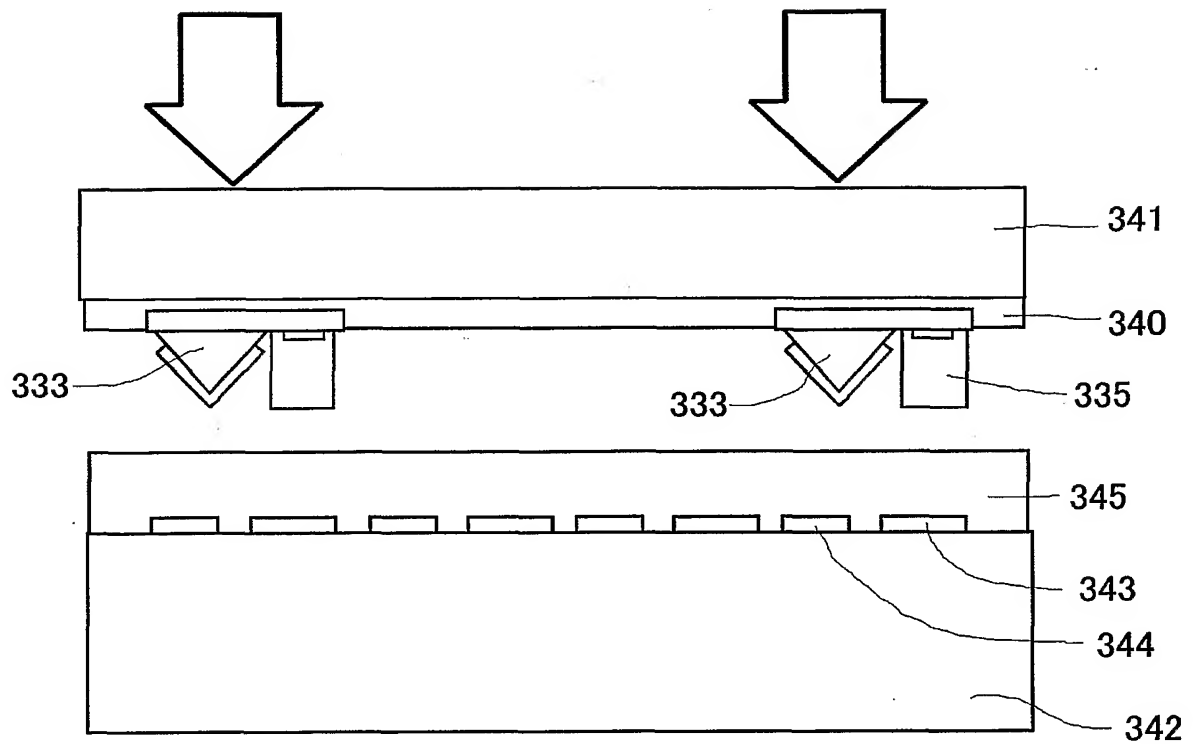


第 5 3 図

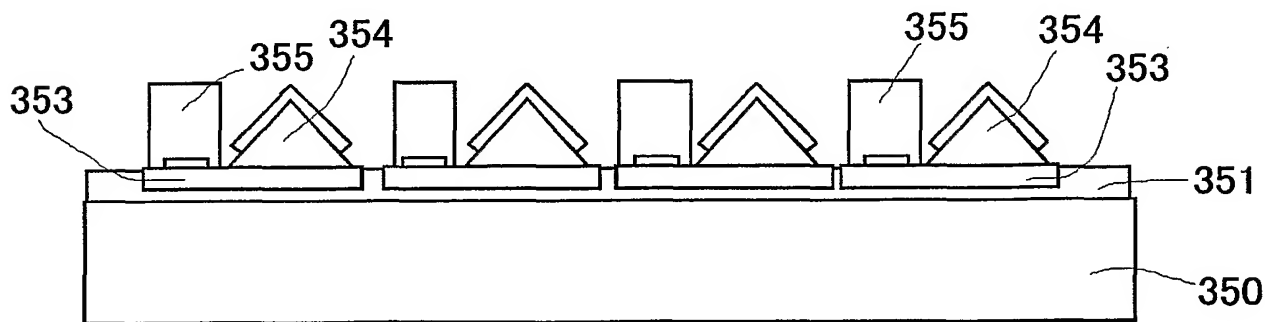




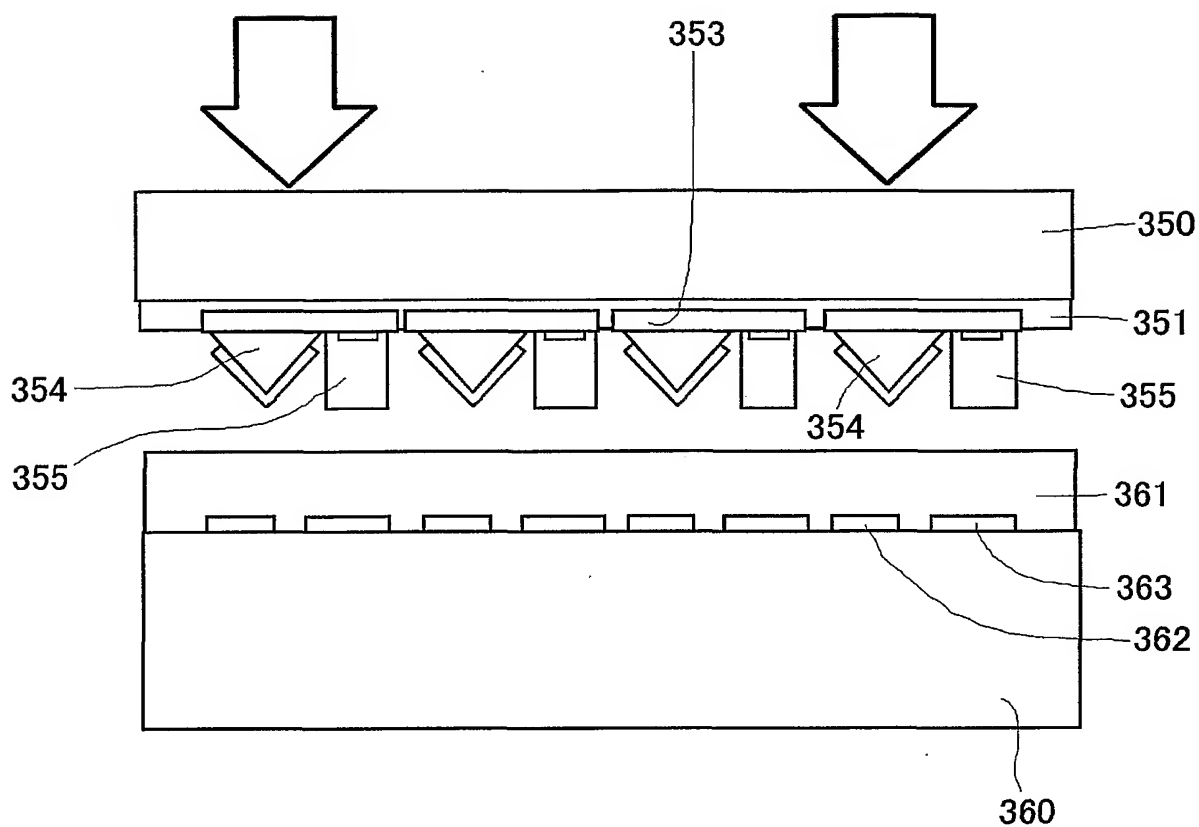
第 5 4 図



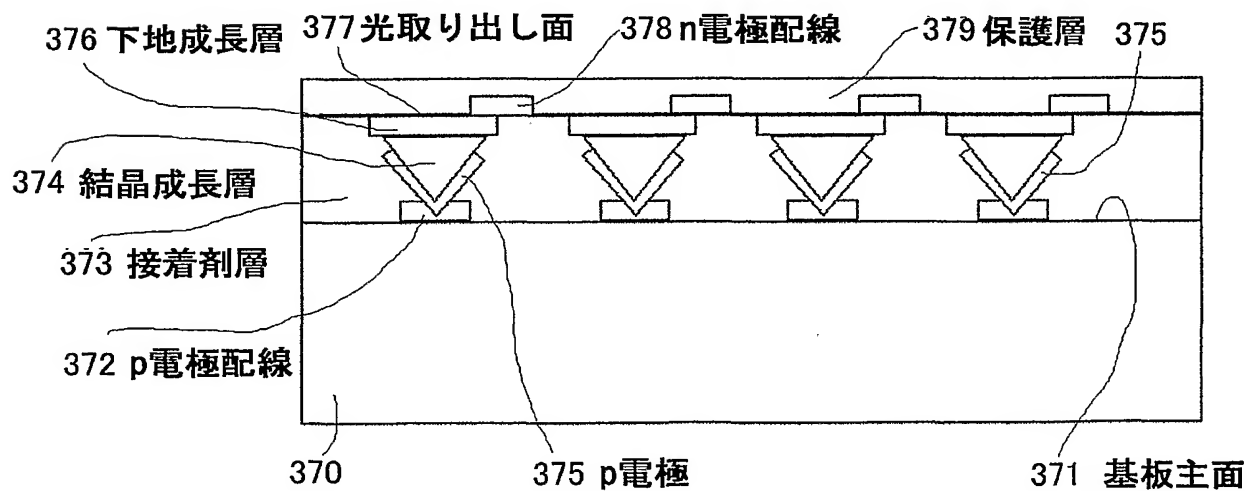
第 5 5 図



## 第 5 6 図



## 第 5 7 図



## 符号の説明

1, 21, 80 配線用基板  
DR00～DB11 発光ダイオード  
32、33 トランジスタ  
34 容量  
51 サファイア基板  
52 第2導電型クラッド層  
53 活性層  
54 第1導電型クラッド層  
55 n型電極  
56 p型電極  
57 分離溝  
60 一時保持用基板  
70 吸着用治具  
81 配線電極  
90, 121, 161 第一基板  
91, 123, 165 一時保持用部材  
95, 140, 168 第二基板  
92, 101 素子  
122 発光ダイオード  
164 薄膜トランジスタ

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06213

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G09F9/33, G09F9/00, G09F9/30, G02F1/1362, H01L27/04,  
H01L27/12, H01L27/15, H01L29/78, H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G09F9/33, H01L21/336, H01L27/12, H01L29/786, H01L33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-126037 A (Futaba Corporation), 11 May, 1999 (11.05.99) (Family: none)	1-20 29,46-51
Y	JP 2000-89693 A (NEC Corporation), 31 March, 2000 (31.03.00) (Family: none)	1-20
Y	JP 5-315643 A (NKK Corporation), 26 November, 1993 (26.11.93) (Family: none)	1-20
Y	JP 10-163536 A (Sharp Corporation), 19 June, 1998 (19.06.98) (Family: none)	4,5 26,32
Y	JP 11-219146 A (Mitsubishi Chemical Corporation, Sarnoff Corporation), 10 August, 1999 (10.08.99), & EP 905673 A	6-8
Y	JP 11-142878 A (Sharp Corporation), 28 May, 1999 (28.05.99) (Family: none)	7,8,15,20 24-26,37,38 50

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
10 October, 2001 (10.10.01)

Date of mailing of the international search report  
23 October, 2001 (23.10.01)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06213

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 5206749 A (Kopin Corporation), 27 April, 1993 (27.04.93), & JP 6-504139 A & EP 565588 A	21,22,33,34 24-32,37,38
A	& DE 69325100 A & WO 92/12453 A & CA 2126446 A & AU 5676794 A	23,35,36,39
Y	JP 11-8338 A (Nichia Chemical Industries Ltd.), 12 January, 1999 (12.01.99) (Family: none)	28
X Y	JP 7-263754 A (Nichia Chemical Industries Ltd.), 13 October, 1995 (13.10.95) (Family: none)	40,41,52,53 42-48
Y	Koichi TACHIBANA et al., "Selective growth of InGaN quantum dot structures and their microphotoluminescence at room temperature", Applied Physics Letters, Vol.76, No.22, pages 3212 to 3214, 29 May, 2000 (29.05.00)	42-45,53
X Y	JP 10-305620 A (Matsushita Electronic Corporation), 17 November, 1998 (17.11.98) (Family: none)	40,41,52,53 42-48

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06213

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Common features to be considered as special features within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, are "a light emitting element taking up an area of at least 25  $\mu\text{m}^2$  and up to 10000  $\mu\text{m}^2$  is mounted on a wiring board" in claims 1-20, "having a first transfer step of transferring elements into a separated form and a second transfer step of further separating them" in claims 21-39, and "mounting elements on a wiring board by inverting them from when they are crystal-grown" in claims 40-53.

Accordingly, it is evident that claims 1-20, claims 21-39, and claims 40-53 do not fulfill the requirement of unit of invention.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup>

G09F9/33, G09F9/00, G09F9/30, G02F1/1362, H01L27/04, H01L27/12, H01L27/15, H01L29/78, H01L33/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup>

G09F9/33, H01L21/336, H01L27/12, H01L29/786, H01L33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 11-126037 A (双葉電子工業株式会社) 11. 5月. 1999 (11. 05. 99) (ファミリーなし)	1-20 29, 46-51
Y	J P 2000-89693 A (日本電気株式会社) 31. 3月. 2000 (31. 03. 00) (ファミリーなし)	1-20
Y	J P 5-315643 A (日本鋼管株式会社) 26. 11月. 1993 (26. 11. 93) (ファミリーなし)	1-20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 10. 01

国際調査報告の発送日

23.10.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高木 彰



3X

2922

電話番号 03-3581-1101 内線 6737

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-163536 A (シャープ株式会社) 19. 6月. 1998 (19. 06. 98) (ファミリーなし)	4, 5 26, 32
Y	JP 11-219146 A (三菱化学株式会社、サーノフ コ ーポレーション) 10. 8月. 1999 (10. 08. 99) & EP 905673 A	6-8
Y	JP 11-142878 A (シャープ株式会社) 28. 5月. 1999 (28. 05. 99) (ファミリーなし)	7, 8, 15, 20 24-32, 37, 38 50
X	US 5206749 A (Kopin Corporation)	21, 22, 33, 34
Y	27. 4月. 1993 (27. 04. 93)	24-32, 37, 38
A	& JP 6-504139 A & EP 565588 A & DE 69325100 A & WO 92/12453 A & CA 2126446 A & AU 5676794 A	23, 35, 36, 39
Y	JP 11-8338 A (日亜化学工業株式会社) 12. 1月. 1999 (12. 01. 99) (ファミリーなし)	28
X	JP 7-263754 A (日亜化学工業株式会社)	40, 41, 52
Y	13. 10月. 1995 (13. 10. 95) (ファミリーなし)	42-51, 53
Y	Koichi Tachibana等, ' Selective g rowth of InGaN quantum dot str uctures and their microphotolu minescence at room temperature , Appl. phys. lett., Vol. 76, No. 2 2, p3212-3214, 29 May 2000	42-45, 53
X	JP 10-305620 A (松下電子工業株式会社)	40, 41, 52, 53
Y	17. 11月. 1998 (17. 11. 98) (ファミリーなし)	42-48



## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

PCT規則13.2の第2文の意味において、特別な事項であると考えられる共通する事項は、請求の範囲1-20において「発光素子の占有面積を $25\mu\text{m}^2$ 以上 $10000\mu\text{m}^2$ 以下とし、配線基板に実装する」点であり、請求の範囲21-39において「素子が離間した状態となる第1転写工程と、素子をさらに離間した状態とする第2転写工程を有する」点であり、請求の範囲40-53の事項において「素子の結晶成長時と倒置して配線用基板に実装する」点である。

したがって、請求の範囲1-20と請求の範囲21-39と請求の範囲40-53とは発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。